

LAMPIRAN 1

INSTRUMEN PENELITIAN



Lampiran 1.1 Kisi-kisi tes kemampuan pemecahan masalah (KPM) siswa (uji coba)

Lampiran 1.2 Tes Kemampuan pemecahan masalah (uji coba)

Lampiran 1.3 Kunci jawaban tes kemampuan pemecahan masalah (uji coba)

Lampiran 1.4 Kisi-kisi tes kemampuan pemecahan masalah (*pretest* dan *posttest*)

Lampiran 1.5 Tes kemampuan pemecahan masalah (*pretest* dan *posttest*)

Lampiran 1.6 Kunci jawaban tes kemampuan pemecahan masalah (*pretest* dan *posttest*)

Lampiran 1. 1 Kisi-kisi Tes KPM Siswa (Uji Coba)

Satuan Pendidikan : SMA
 Mata Pelajaran : Fisika
 Program Studi : MIPA
 Alokasi Waktu : 80 menit
 Jumlah : 15 butir soal *Essay*

Capaian Pembelajaran	Indikator Soal	Komponen Kemampuan Pemecahan Masalah					No. Soal
		D1	D2	D3	D4	D5	
Menganalisis Suhu dan kalor dan penerapannya dalam kehidupan	Menganalisis hubungan berbagai skala suhu pada termometer melalui perbandingan titik tetap untuk menentukan nilai suhu pada skala tertentu	✓	✓	✓	✓	✓	1,2
	Menganalisis fenomena pemuaian panjang pada benda padat untuk menentukan perubahan suhu atau panjang yang terjadi	✓	✓	✓	✓	✓	3,4
	Menganalisis pemuaian luas pada benda padat akibat perubahan suhu dalam kehidupan sehari-hari	✓	✓	✓	✓	✓	5,6
	Menganalisis perubahan suhu dan perubahan wujud zat menggunakan konsep kalor, kalor jenis, dan kalor laten	✓	✓	✓	✓	✓	7,8
	Menganalisis pertukaran kalor pada proses pencampuran zat hingga tercapai kesetimbangan termal	✓	✓	✓	✓	✓	9,10
	Menganalisis perpindahan kalor secara konveksi dalam kehidupan sehari-hari	✓	✓	✓	✓	✓	11,12

Capaian Pembelajaran	Indikator Soal	Komponen Kemampuan Pemecahan Masalah					No. Soal
		D1	D2	D3	D4	D5	
	Menganalisis perpindahan kalor secara konduksi pada berbagai material dan menentukan laju aliran kalor	✓	✓	✓	✓	✓	13,14
	Menganalisis penggunaan energi kalor pada pemanas listrik untuk menentukan waktu pemanasan zat	✓	✓	✓	✓	✓	15
Jumlah soal							15

Keterangan:

D1 : Memfokuskan masalah

D2 : Mendeskripsikan masalah

D3 : Merencanakan solusi

D4 : Menggunakan solusi

D5 : Mengevaluasi solusi



Lampiran 1. 2 Tes KPM (Uji Coba)**TES KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH****MATERI : SUHU DAN KALOR****(WAKTU: 80 menit)**

Petunjuk Pengerjaan Soal

1. Tulislah jawaban anda pada lembar jawaban yang telah disediakan.
 2. Tulislah identitas anda pada kolom yang telah disediakan pada lembar jawaban.
 3. Cermati setiap soal yang tersedia, jika terdapat soal yang kurang jelas, tanyakan pada pengawas.
 4. Kerjakan soal yang dianggap lebih mudah terlebih dahulu.
 5. Kerjakan soal secara jujur dan mandiri
 6. Waktu pengerjaan soal selama 80 menit
-

1. Mika mengamati sebuah termometer air raksa. Ketika termometer dimasukkan ke dalam es yang sedang melebur, tinggi kolom air raksa menunjukkan 5 cm. Ketika termometer dimasukkan ke dalam air yang sedang mendidih, tinggi kolom air raksa menunjukkan 45 cm. Tentukan suhu yang ditunjukkan oleh termometer ketika tinggi kolom air raksa mencapai 30 cm.
2. Seorang teknisi laboratorium bernama Andi sedang menguji sebuah termometer A yang baru dibuat. Andi menafsirkan hubungan antara skala Celsius dan skala termometer A dengan cara membandingkan titik tetapnya. Ia melihat bahwa ketika termometer Celsius menunjukkan 0°C , termometer A menunjukkan -10°A . Selanjutnya, saat termometer Celsius menunjukkan 100°C , termometer A menunjukkan 190°A . Berdasarkan hasil pengamatan tersebut, tentukan berapa skala yang ditunjukkan termometer A ketika termometer Celsius menunjukkan 40°C .

3. Raka melakukan percobaan pemuaian pada sebuah batang logam di laboratorium fisika sekolahnya. Dari hasil pengamatan, Raka menemukan bahwa batang logam tersebut bertambah panjang sebesar 0,5% ketika suhu dinaikkan 10°C . Raka kemudian ingin mengevaluasi perubahan panjang batang logam tersebut jika pemuaian yang terjadi menjadi 2%. Berapakah kenaikan suhu yang diperlukan agar pertambahan panjang batang logam mencapai 2%?
4. Seorang petugas perawatan jalur kereta api bernama Budi sedang membantu memasang dua batang rel kereta api, masing-masing panjangnya 10 meter, memiliki suhu 20°C . Budi mengetahui bahwa pada saat suhu lingkungan meningkat hingga 30°C , kedua batang rel tersebut diharapkan tepat saling bersentuhan tanpa celah. Untuk memperhitungkan pemuaian rel akibat kenaikan suhu, Budi menggunakan koefisien muai panjang rel kereta api sebesar $12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Berdasarkan informasi tersebut, hitunglah jarak celah yang harus diberikan antara kedua batang rel pada suhu 20°C agar pada suhu 30°C kedua rel tersebut saling bersentuhan.
5. Pada malam hari, sebuah jendela kaca di rumah Rina memiliki luas 2.000 cm^2 pada suhu 20°C . Kaca tersebut memiliki koefisien muai panjang sebesar $8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Ketika siang hari, akibat pemanasan oleh sinar matahari, jendela kaca tersebut mengalami pertambahan luas sebesar 32 mm^2 . Berapakah suhu kaca jendela tersebut pada siang hari?
6. Di sebuah bengkel, Dino mengamati pemuaian batang baja saat dipanaskan. Ia mengetahui bahwa sebuah batang baja sepanjang 1 m akan bertambah panjang 1 mm ketika suhunya dinaikkan dari 0°C menjadi 100°C . Teknisi tersebut kemudian memiliki batang baja lain yang panjangnya 60 cm. Batang baja ini dipanaskan dari suhu 0°C hingga 120°C . Berdasarkan informasi tersebut, berapakah pertambahan panjang batang baja kedua tersebut dalam satuan *milimeter* (mm)?

7. Sebuah Freezer mengubah 2 kg air yang mula-mula bersuhu 20°C menjadi es bersuhu -10°C . Diketahui bahwa kalor jenis air adalah $1 \text{ kal/g}^{\circ}\text{C}$, kalor jenis es $0,5 \text{ kal/g}^{\circ}\text{C}$, dan kalor laten air sebesar 80 kal/kg . Hitunglah banyaknya energi yang harus dikeluarkan oleh freezer selama proses tersebut!
8. Di laboratorium fisika, Andi melakukan percobaan pemanasan kalaor menggunakan dua benda, A dan B. Benda A memiliki massa sebesar m dan kalor jenis sebesar c , sedangkan benda B memiliki massa sebesar $2m$ dan kalor jenis sebesar $2c$. Kedua benda tersebut dipanaskan dengan kalor yang sama besar. Setelah pemanasan, Andi mengamati bahwa suhu benda B meningkat sebesar 8K . Berdasarkan hubungan fisis antara kalor, massa, kalor jenis, dan perubahan suhu, analisislah berapa besar kenaikan suhu benda A?
9. Di laboratorium fisika sekolah, seorang siswa bernama Reno melakukan percobaan pencampuran dua sampel air. Sampel pertama adalah 75 gram air bersuhu 0°C , sedangkan sampel kedua adalah 50 gram air bersuhu 100°C . Kedua sampel air tersebut dicampurkan dalam satu wadah hingga tercapai kesetimbangan termal. Berdasarkan prinsip pertukaran kalor, evaluasilah suhu akhir campuran air tersebut.
10. Nanda melakukan percobaan di laboratorium. Ia memanaskan sebuah benda hingga suhunya mencapai 80°C dengan massa 10 gram. Benda panas tersebut kemudian dimasukkan ke dalam wadah berisolasi (wadah khusus yang menahan panas) yang berisi 80 gram air bersuhu 20°C . Setelah beberapa saat, suhu air dan benda di dalam wadah menjadi sama, yaitu 40°C . Jika kalor jenis air adalah $1 \text{ kal/gr}^{\circ}\text{C}$, berapakah kalor jenis zat tersebut?
11. Mira sedang beristirahat di ruangan ber-AC yang bersuhu 22°C . Suhu permukaan kulit Mira sekitar 32°C dan luas permukaan tubuhnya diperkirakan $1,6\text{m}^2$. Jika perpindahan kalor terjadi secara konveksi dengan koefisien konveksi $7,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, tentukan besar kalor yang dilepaskan tubuh Mira ke lingkungan selama 5 menit?.

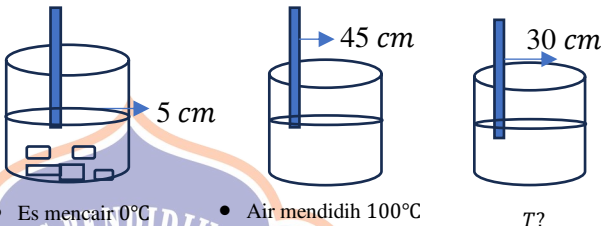
12. Fajar mengamati dua batang logam *A* dan *B* yang panjangnya sama tetapi terbuat dari bahan berbeda. Kedua batang disambung ujung ke ujung. Ujung kiri batang *B* ditempelkan pada pemanas sehingga suhunya tetap 80°C , sedangkan ujung kanan batang *A* ditempelkan pada es sehingga suhunya tetap 5°C . Koefisien konduksi kalor batang *B* diketahui dua kali koefisien konduksi kalor batang *A*. Berapakah suhu pada titik sambungan antara batang *A* dan batang *B*? (dalam $^{\circ}\text{C}$).

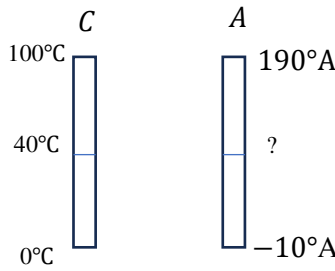
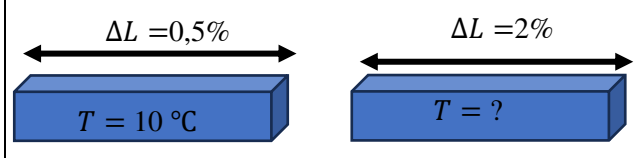
13. Pada siang hari, Dina ingin membuat minuman dingin untuk keluarganya. Ia memasukkan $0,5\text{ kg}$ es yang masih bersuhu -20°C ke dalam sebuah wadah. Untuk mencairkan es tersebut, Dina menambahkan air bersuhu 20°C ke dalam wadah itu. Setelah beberapa waktu, campuran tersebut menjadi air dengan suhunya 0°C . Analisislah massa air mula-mula yang harus ditambahkan Dina agar kondisi akhir tersebut tercapai. (Kalor jenis es = $0,5\text{ kal/g}^{\circ}\text{C}$, Kalor lebur es = 80 kal/g , Kalor jenis air = $1\text{ kal/g}^{\circ}\text{C}$)

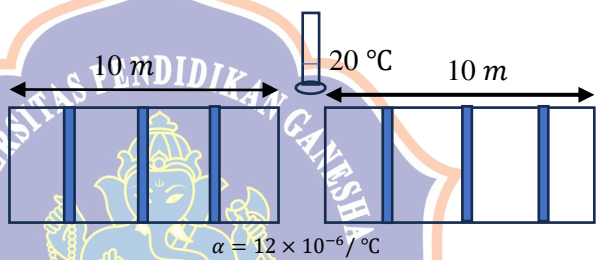
14. Sebuah jendela kaca digunakan sebagai pembatas antara dua ruangan di sebuah gedung. Jendela tersebut memiliki panjang 150 cm , lebar 50 cm , dan tebal $8,6\text{ mm}$. Kedua ruangan dipisahkan oleh jendela kaca karena satu ruangan di pasang AC ini mengakibatkan perbedaan suhu sebesar 10°C . Diketahui bahwa koefisien hantaran kalor (konduktivitas termal) kaca adalah $1,72\text{ J/m}\cdot\text{det}\cdot^{\circ}\text{C}$. Setelah beberapa waktu, perpindahan kalor melalui kaca berlangsung secara tunak. Tentukan banyaknya kalor yang mengalir melalui kaca setiap detik.

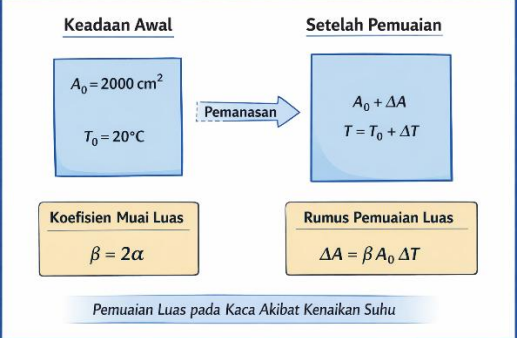
15. Di sebuah asrama sekolah, seorang petugas ingin memanaskan air untuk keperluan mandi pagi para siswa. Ia menggunakan sebuah pemanas listrik berkekuatan 4 kW untuk memanaskan 80 kg air yang semula bersuhu 15°C . Pemanas tersebut digunakan hingga suhu air mencapai 35°C . Diketahui kalor jenis air adalah $4.200\text{ J/kg}\cdot\text{K}$. Analisislah waktu yang dibutuhkan pemanas listrik tersebut untuk memanaskan air hingga suhu 35°C !

Lampiran 1. 3 Kunci Jawaban Tes KPM (Uji Coba)

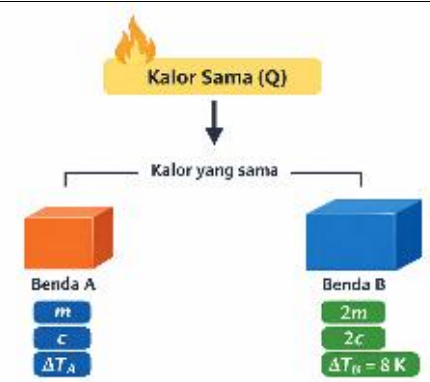
No	Dimensi	Kunci Jawaban	Skor
1	Memfokuskan masalah	Diketahui: - Saat es melebur $h_1 = 5 \text{ cm}$ dan $C_1 = 0^\circ\text{C}$ - Saat air mendidih $h_2 = 45 \text{ cm}$ dan $C_2 = 100^\circ\text{C}$ Ditanya: Suhu pada skala Celcius pada saat ketinggian $h = 30 \text{ cm}$	2
	Mendeskripsikan Masalah	Skala dapat digambarkan  • Es mencair 0°C • Air mendidih 100°C $T?$	3
	Merencanakan solusi	Gunakan rumus perbandingan skala termometer: $\frac{C - C_1}{C_2 - C_1} = \frac{h - h_1}{h_2 - h_1}$	2
	Menggunakan solusi	Substitusikan ke persamaan yang diatas $\frac{C - 0}{100 - 0} = \frac{30 - 5}{45 - 5}$ $\frac{C}{100} = \frac{25}{40}$ $40C = 2.500$ $C = \frac{2500}{40}$ $C = 62,5^\circ$	4
	Mengevaluasi solusi	Karena hubungan antara tinggi kolom air raksa dan suhu bersifat linier, maka suhu pada tinggi 30 cm (yang berada di antara 5 cm dan 45 cm) juga berada di antara 0°C dan 100°C, sehingga hasil sekitar $62,5^\circ\text{C}$ masuk akal dan sesuai dengan pola kenaikan suhu.	4
2	Memfokuskan masalah	Diketahui: Saat $0^\circ\text{C} \rightarrow$ skala $A = -10^\circ\text{A}$. Saat $100^\circ\text{C} \rightarrow$ skala $A = 190^\circ\text{A}$ Ditanya: skala termometer A saat suhu 40°C	2
	Mendeskripsikan Masalah		3

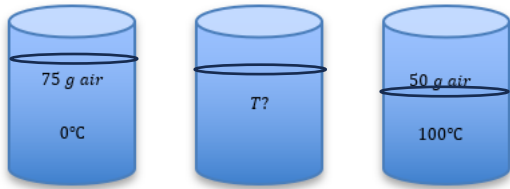
			
	Merencanakan solusi	$\frac{C-C_1}{C_2-C_1} = \frac{A-A_1}{A_2-A_1}$	2
	Menggunakan solusi	$\frac{40^\circ\text{C}-0^\circ\text{C}}{100^\circ\text{C}-0^\circ\text{C}} = \frac{A-(-10^\circ\text{A})}{190^\circ\text{A}-(-10^\circ\text{A})}$ $\frac{40^\circ\text{C}}{100^\circ\text{C}} = \frac{A+10^\circ\text{A}}{200^\circ\text{A}}$ $\frac{2^\circ\text{C}}{5^\circ\text{C}} = \frac{A+10^\circ\text{A}}{200^\circ\text{A}}$ $(A+10) = \frac{2}{5} \times 200$ $(A+10) = 80$ $A = 80 - 10$ $A = 70^\circ\text{A}$	4
	Mengevaluasi solusi	Hasil yang diperoleh: • Hubungan skala bersifat linier dan sesuai dengan prinsip kalibrasi termometer • Hasil yang diperoleh masuk akal karena suhu 40°C berada di tengah-tengah antara 0°C dan 100°C, sehingga skala pada termometer A juga seharusnya berada di tengah-tengah antara 190°A dan -10°A.	4
3	Memfokuskan Masalah	Pertambahan panjang muai: $\Delta L_1 = 0,5\%$ $\Delta T_1 = 10^\circ\text{C}$ $\Delta L_2 = 2\%$ Ditanya: $\Delta T_1 = \dots ?$	2
	Mendeskripsikan Masalah		3
	Merencanakan solusi	Jawab: $\Delta T = L_0 \alpha \Delta T$ $\frac{\Delta L_2}{\Delta L_1} = \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}$	2
	Menggunakan solusi	$\frac{2\%}{0,5\%} = \frac{\Delta T_2}{10}$ $0,5\% \times \Delta T_2 = 2\% \times 10^\circ\text{C}$ $0,5\Delta T_2 = 20$ $\Delta T_2 = \frac{20}{0,5} = 40^\circ\text{C}$	4

		$\Delta T_2 = 40^\circ\text{C}$	
	Mengevaluasi solusi	Kenaikan suhu sebesar 40°C: - Empat kali lebih besar dari kenaikan suhu awal, sebanding dengan pemuaian yang meningkat dari 0,5% menjadi 2% - Sesuai dengan sifat linier pemuaian panjang zat padat - Hasil masuk akal secara fisika dan matematis	4
4	Memfokuskan masalah	Diketahui: $L = 10 \text{ meter}$ $\alpha = 12 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ $\Delta T = 30 - 20 = 10^\circ\text{C}$ Ditanya: Jarak celah awal yang harus diberikan antara dua rel pada suhu 20°C.	2
	Mendeskripsikan Masalah	 Ditanya : jarak celah pada 20°C agar kedua rel tersebut saling bersentuhan	3
	Merencanakan solusi	Pertambahan panjang satu rel: $\Delta L_1 = \alpha L \Delta T$	2
	Menggunakan solusi	$\Delta L_1 = 12 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^\circ\text{C}$ $= 1,2 \times 10^{-3} \text{ m} = 12 \text{ mm}$ Karena terdapat dua batang rel, maka jarak celah total yang diperlukan adalah: Celah = $2 \times \Delta L = 2 \times 1,2 \times 10^{-3}$ Celah = $2,4 \times 10^{-3} \text{ m}$ Celah = $0,24 \text{ cm}$	4
	Mengevaluasi solusi	Nilai celah awal sebesar $0,0024 \text{ m}$ ($2,4 \text{ mm}$): - Bernilai kecil dan realistis untuk pemuaian logam - Masuk akal karena rel memuai saat suhu naik	4
5	Memfokuskan masalah	Diketahui: - Luas awal kaca, $A_0 = 2000 \text{ cm}^2$ - Suhu awal, $T_0 = 20^\circ\text{C}$. - Koefisien muai panjang kaca, $\alpha = 8 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ - Pertambahan luas kaca, $\Delta A = 32 \text{ mm}^2$	2

		Ditanya: Suhu kaca pada siang hari, $T(^{\circ}\text{C})$	
	Mendeskripsikan Masalah		3
	Merencanakan solusi	Pemuaiian luas dirumuskan sebagai: $\Delta A = \beta A_0 \Delta T$ dengan: $\Delta T = T - T_0$	2
	Menggunakan solusi	konversi satuan: $32 \text{ mm}^2 = 0,32 \text{ cm}^2$ Koefisien muai luas: $\beta = 2\alpha = 2(8 \times 10^{-6}) = 16 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ Substitusi ke rumus pemuaiian luas: $\Delta A = \beta A_0 \Delta T$ $0,32 = (16 \times 10^{-6})(2.000)\Delta T$ $0,32 = 0,032\Delta T$ $\Delta T = 10^{\circ}\text{C}$ Suhu akhir kaca: $T = T_0 + \Delta T = 20 + 10 = 30^{\circ}\text{C}$	4
	Mengevaluasi solusi	Kenaikan suhu sebesar 10°C menyebabkan pertambahan luas yang relatif kecil, sesuai dengan sifat koefisien muai kaca yang kecil. Hasil suhu akhir 30°C masih masuk akal untuk kondisi siang hari dan konsisten secara fisika.	4
6	Memfokuskan masalah	Diketahui : $\Delta L_1 = 1 \text{ mm}$ $\Delta T_1 = 100 - 0 = 100^{\circ}\text{C}$ $L_{01} = 1 \text{ m} = 1000 \text{ mm}$ $L_{02} = 60 \text{ cm} = 600 \text{ mm}$ $\Delta T_2 = 120 - 0 = 120^{\circ}\text{C}$ Ditanya : ΔL_2?	2
	Mendeskripsikan Masalah	Hubungan antara pertambahan panjang batang (ΔL), panjang awal batang (L_0), dan perubahan suhu (ΔT) dinyatakan dengan persamaan $\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$ Persamaan ini menunjukkan bahwa pertambahan panjang batang baja berbanding lurus dengan panjang awal batang dan besar kenaikan suhu.	3

	Merencanakan solusi	Tahap 1. Menentukan α dari batang pertama $\Delta L_1 = \alpha L_{01} \Delta T$ Tahap2. Menghitung ΔL batang kedua $\Delta L_2 = \alpha L_{02} \Delta T$	2
	Menggunakan solusi	Menentukan α dari batang pertama $\Delta L = \alpha L_{01} \Delta T$ $1 = \alpha(1000)(100)$ $\alpha = \frac{1}{100.000} = 1 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ Menghitung ΔL batang kedua $\Delta L_2 = \alpha L_{02} \Delta T$ $\Delta L_2 = 1 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C} (600)(120)$ $\Delta L_2 = 0,72 \text{ mm}$	4
	Mengevaluasi solusi	Hasil $0,72 \text{ mm}$ sudah masuk akal karena batang kedua lebih pendek, sehingga pemuaianannya lebih kecil meskipun kenaikan suhunya lebih besar.	4
7	Memfokuskan masalah	Diketahui: • Massa air $m = 2 \text{ kg} = 2000 \text{ g}$ • Suhu awal air $T_1 = 20^\circ\text{C}$ • Suhu akhir es $T_2 = -10^\circ\text{C}$. • Kalor jenis air $c_{\text{air}} = 1 \text{ kal/g}^\circ\text{C}$, • Kalor jenis es $c_{\text{es}} = 0,5 \text{ kal/g}^\circ\text{C}$ • Kalor laten beku $L = 80 \text{ kal/kg}$ Ditanya: Energi Total?	2
	Mendeskripsikan Masalah	20 °C 0 °C -10 °C Q_1 Menurunkan suhu air dari 20°C ke 0°C Q_2 Perubahan wujud air menjadi es pada suhu 0°C Q_3 Menurunkan suhu es dari 0°C Ke -10°C	3
	Merencanakan solusi	Tahap 1. Menurunkan suhu air dari 20°C ke 0°C $Q = mc_{\text{air}} \Delta T$ Tahap 2. Perubahan wujud air menjadi es pada suhu 0°C $Q_2 = mL$ Tahap 3. Menurunkan suhu es dari 0°C ke -10°C . $Q_3 = mc_{\text{es}} \Delta T$ Tahap 4. Mencari Q total $Q_{\text{total}} = Q_1 + Q_2 + Q_3$	2

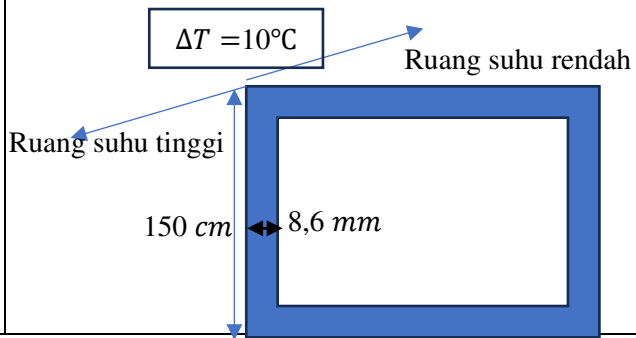
	Menggunakan solusi	1. $Q_1 = 2.000 \times 1 \times (20 - 0)$ $Q_1 = 40.000 \text{ kal}$ 2. $Q_2 = 2.000 \times 80$ $Q_2 = 160.000 \text{ kal}$ 3. $Q_3 = 2.000 \times 0,5 \times 10$ $Q_3 = 10.000 \text{ kal}$ Energi total yang dikeluarkan freezer $Q_{total} = 40.000 + 160.000 + 10.000$ $Q_{total} = 210.000 \text{ kal} = 210 \text{ kkal}$	4
	Mengevaluasi solusi	Hasil perhitungan menunjukkan bahwa freezer harus menyerap 210.000 kal untuk mengubah 2 kg air bersuhu 20°C menjadi es bersuhu -10°C. Nilai ini masuk akal karena prosesnya melibatkan tiga tahap: pendinginan air, perubahan wujud air menjadi es, dan penurunan suhu es. Bagian terbesar energi digunakan saat pembekuan air, karena membutuhkan kalor laten yang besar. Oleh karena itu, hasil ini sesuai dengan konsep perpindahan kalor dan perubahan fase.	4
8	Memfokuskan masalah	Diketahui: Untuk benda A : • massa = m • kalor jenis = c • kenaikan suhu = ΔT_A Untuk benda B: • massa = $2m$ • kalor jenis = $2c$ • kenaikan suhu = $8K$ Ditanya: berapa besar kenaikan suhu benda A?	2
	Mendeskripsikan Masalah		3
	Merencanakan solusi	Langkah penyelesaian: 1. Gunakan persamaan kalor: $Q = mc\Delta T$ 2. Samakan kalor pada benda A dan B	2

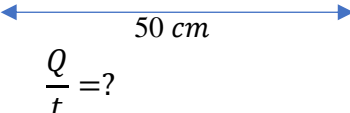
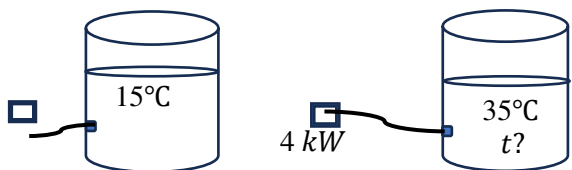
		$Q_A = Q_B$ 3. Substitusikan nilai massa dan kalor jenis masing-masing benda 4. Hitung nilai ΔT_A	
	Menggunakan solusi	$m_A c_A \Delta T_A = m_B c_B \Delta T_B$ $mc \Delta T_A = (2m)(2c)(8K)$ $\Delta T_A = 32K$	4
	Mengevaluasi solusi	Hasil ini masuk akal karena ada hubungan $Q = mc\Delta T$. Benda B memiliki massa dan kalor jenis yang lebih besar ($2m$ dan $2c$), sehingga lebih sulit dipanaskan. Karena kedua benda menerima kalor yang sama, maka benda A yang lebih ringan dan lebih mudah dipanaskan mengalami kenaikan suhu lebih besar, yaitu $32 K$.	4
9	Memfokuskan masalah	Diketahui: • Massa air dingin, $m_1 = 75 \text{ gram}$ • Suhu awal air dingin, $T_1 = 0^\circ\text{C}$ • Massa air panas, $m_2 = 50 \text{ gram}$ • Suhu awal air panas, $T_2 = 100^\circ\text{C}$ • Kalor jenis air sama untuk kedua sampel (c sama) Ditanya: • Suhu akhir campuran air tersebut	2
	Mendeskripsikan Masalah	Dapat digambarkan 	3
	Merencanakan solusi	Menurut Asas Black $Q_{\text{serap}} = Q_{\text{lepas}}$ $Q_1 = Q_2$ $m_1 c_a \Delta T = m_2 c_a \Delta T$	2
	Menggunakan solusi	$75 \times 1 \times (T_f - 0) = 50 \times 1 \times (100 - T_f)$ $75T_f = 5.000 - 50T_f$ $125T_f = 5.000$ $T_f = \frac{5000}{125}$ $T = 40^\circ\text{C}$	4
	Mengevaluasi solusi	Suhu akhir campuran adalah 40°C . Nilai ini masuk akal karena suhu akhir berada di antara 0°C dan 100°C , serta massa air bersuhu 0°C lebih besar sehingga suhu akhir lebih dekat ke suhu rendah.	4

10	Memfokuskan masalah	Diketahui: - Massa benda $m_I = 10 \text{ gram}$ - Suhu awal benda $T_0 = 80^\circ\text{C}$ - Massa air $m_a = 80 \text{ gram}$ - Suhu awal air $T_0 = 20^\circ\text{C}$ - Suhu akhir campuran $T_c = 40^\circ\text{C}$ - Kalor jenis air ($c = 1 \text{ kal/g}^\circ\text{C}$). Ditanya: Berapa kalor jenis benda tersebut?	2
	Mendeskripsikan Masalah		3
	Merencanakan solusi	Menurut Asas Black $Q_{\text{serap}} = Q_{\text{lepas}}$ $Q_1 = Q_2$ $m_a c_a \Delta T = m_I c_I \Delta T$	2
	Melaksanakan solusi	$80 \times 1(40 - 20) = 10c(80 - 40)$ $80 \times 20 = 10c(40)$ $1600 = 400c$ $c = \frac{1600}{400}$ $c = 4 \text{ kal/g}^\circ\text{C}$	4
	Mengevaluasi solusi	Suhu akhir campuran diperoleh $46,7^\circ\text{C}$. Nilai ini berada di antara suhu awal kedua air (25°C dan 90°C), sehingga sesuai secara fisika. Suhu akhir lebih dekat ke 25°C karena massa air bersuhu rendah lebih besar. Dengan demikian, hasil perhitungan masuk akal dan konsisten dengan asas pertukaran kalor.	4
11	Memfokuskan masalah	Diketahui: • Suhu kulit $T_1 = 32^\circ\text{C}$ • Suhu ruangan $T_2 = 22^\circ\text{C}$ • Luas permukaan $A = 1,6 \text{ m}^2$ • Koefisien konveksi $h = 7,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ • Waktu $t = 5 \text{ menit} = 5 \times 60 = 300 \text{ s}$ Ditanyakan: Besar kalor yang dilepaskan selama 5 menit	2

	Mendeskripsikan Masalah	Suhu tubuh Mira $32^{\circ}\text{C} \rightarrow$ Melepaskan kalor $\rightarrow$ Suhu ruangan 22°C melalui konveksi	3
	Merencanakan solusi	Langkah penyelesaian: 1. Menghitung selisih suhu $\Delta T = T_1 - T_2$ 2. Menggunakan persamaan kalor konveksi $Q = hA\Delta T t$	2
	Menggunakan solusi	1. Menghitung selisih suhu $\Delta T = T_1 - T_2$ $\Delta T = 32^{\circ}\text{C} - 22^{\circ}\text{C}$ $\Delta T = 10^{\circ}\text{C}$ 2. Menggunakan persamaan kalor konveksi $Q = hA\Delta T t$ $Q = 7,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \times 1,6 \text{ m}^2 \times 10^{\circ}\text{C} \times 300 \text{ s}$ $Q = 33.600 \text{ J}$	4
	Mengevaluasi solusi	Nilai kalor masuk akal karena perbedaan suhu cukup besar dan waktu relatif lama (5 menit).	4
12	Memfokuskan masalah	Diketahui: - Dua batang logam A dan B - Panjang dan luas penampang kedua batang sama - Suhu ujung kiri batang A: $T_A = 80^{\circ}\text{C}$ - Suhu ujung kanan batang B: $T_B = 5^{\circ}\text{C}$ - Koefisien konduksi kalor: $k_B = 2k_A$ Ditanya: Suhu pada bidang batas antara batang A dan batang B (T_{AB}).	2
	Mendeskripsikan Masalah	Dua batang mempunyai ukuran yang sama artinya panjang (L) dan luas penampang (A) adalah sama. Perambatan kalor yang terjadi pada kedua logam adalah: 80°C $T?$ 5°C 	3
	Merencanakan solusi	$H_A = H_B$ $\frac{k_A A \Delta T_A}{L_A} = \frac{k_B A \Delta T_B}{L_B}$ $k_A \Delta T_A = k_B \Delta T_B$	2
	Menggunakan solusi	$k_A(80 - T) = 2k_A(T - 5)$ $80 - T = 2(T - 5)$	4

		$80 - T = 2T - 10$ $80 + 10 = 2T + T$ $90 = 3T$ $T = \frac{90}{3}$ $T = 30^{\circ}\text{C}$	
	Mengevaluasi solusi	Suhu bidang batas yang diperoleh adalah 30°C . Nilai ini masuk akal karena berada di antara 5°C dan 80°C . Hal ini sesuai dengan konsep perpindahan kalor secara konduksi, sehingga hasil perhitungan dapat diterima.	4
13	Mememfokuskan masalah	Diketahui: • Massa es, $m_e = 0,5 \text{ kg} = 500 \text{ g}$ • Suhu awal es, $T_e = -20^{\circ}\text{C}$ • Suhu akhir campuran, $T_f = 0^{\circ}\text{C}$ • Kalor jenis es, $c_e = 0,5 \text{ kal/g}^{\circ}\text{C}$ • Kalor lebur es, $L = 80 \text{ kal/g}$ • Kalor jenis air, $c_a = 1 \text{ kal/g}^{\circ}\text{C}$ • Suhu awal air, $T_a = 20^{\circ}\text{C}$ Ditanyakan: • Massa air mula-mula, $m_a(\text{gram})$	2
	Mendeskrripsikan Masalah	Diagram illustrating the heat transfer process for the ice-water mixture problem. The vertical axis shows temperature in $^{\circ}\text{C}$ with marks at -20°C, 0°C, and 20°C. The horizontal axis represents heat. Three segments are shown: Q_1 (heating ice from -20°C to 0°C), Q_2 (melting ice at 0°C), and Q_3 (cooling water from 20°C to 0°C).	3
	Merencanakan solusi	Langkah penyelesaian: 1. Menghitung kalor yang dibutuhkan es untuk naik suhu $Q_1 = m_e c_e \Delta T$ 2. Menghitung kalor yang dibutuhkan es untuk mencair $Q_2 = m_e L$ 3. Menjumlahkan kalor yang diterima es $Q_{es} = Q_1 + Q_2$ 4. Menyusun persamaan Asas Black $Q_{air} = m_a c_a (T_a - T_f)$ 5. Menentukan massa air mula-mula $Q_{air} = Q_{es}$	2
	Menggunakan solusi	Kalor untuk menaikkan suhu es:	4

		$Q_1 = m_e c_e \Delta T$ $Q_1 = 500 \times 0,5 \times 20 = 5.000 \text{ kal}$ Kalor untuk mencairkan es: $Q_2 = m_e L$ $Q_2 = 500 \times 80 = 40.000 \text{ kal}$ Total kalor yang diterima es: $Q_{es} = Q_1 + Q_2 = 45.000 \text{ kal}$ Kalor yang dilepas air: $Q_{air} = m_a c_a (T_a - T_f)$ $Q_{air} = m_a \times 1 \times 20 = 20m_a$ Asas Black: $Q_{air} = Q_{es}$ $20m_a = 45.000$ $m_a = 2,25 \text{ kg}$	
	Mengevaluasi solusi	Massa air yang diperlukan sebesar $2,25 \text{ kg}$, lebih besar dari massa es, hal ini masuk akal karena: • Es bersuhu sangat rendah (-20°C) • Diperlukan kalor besar untuk peleburan es • Air hanya mengalami penurunan suhu tanpa perubahan wujud Hasil sesuai dengan prinsip fisika dan konsisten secara konsep.	4
14	Memfokuskan masalah	Diketahui: • Panjang kaca, $p = 150 \text{ cm} = 1,5 \text{ m}$ • Lebar kaca, $l = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$ • Tebal kaca, $d = 8,6 \text{ mm} = 0,0086 \text{ m}$ • Perbedaan suhu kedua ruangan, $\Delta T = 10^\circ\text{C}$ • Koefisien hantaran kalor kaca, $k = 1,72 \text{ J/m} \cdot \text{det} \cdot ^\circ\text{C}$ Ditanyakan: • Banyaknya kalor yang mengalir setiap detik (J/det)	2
	Mendeskrripsikan Masalah	Kalor mengalir secara konduksi 	3

		 $\frac{Q}{t} = ?$	
	Merencanakan solusi	Langkah penyelesaian: 1. Menghitung luas kaca $A = p \times l$ 2. Menggunakan rumus laju aliran kalor secara konduksi $\frac{Q}{t} = kA \frac{\Delta T}{d}$ 3. Mensubstitusikan semua nilai ke dalam rumus 4. Menentukan kalor yang mengalir setiap detik	2
	Menggunakan solusi	Luas kaca: $A = p \times l = 1,5 \times 0,5 = 0,75 \text{ m}^2$ Substitusi ke rumus konduksi: $\frac{Q}{t} = kA \frac{\Delta T}{d}$ $\frac{Q}{t} = 1,72 \times 0,75 \times \frac{10}{0,0086}$ $\frac{Q}{t} = \frac{12,9}{0,0086}$ $\frac{Q}{t} = 1,500 \text{ J/det}$	4
	Mengevaluasi solusi	Nilai laju aliran kalor sebesar 1.500 J/det masuk akal karena: • Luas kaca cukup besar • Tebal kaca relatif kecil • Perbedaan suhu cukup signifikan Secara fisika, hasil ini konsisten dengan konsep konduksi kalor pada keadaan tunak.	4
15	Memfokuskan masalah	Diketahui: • Daya pemanas listrik: $P = 4 \text{ kW} = 4.000 \text{ W}$ • Massa air: $m = 80 \text{ kg}$ • Suhu awal air: $T_1 = 15^\circ\text{C}$ • Suhu akhir air: $T_2 = 35^\circ\text{C}$ • Kalor jenis air: $c = 4.200 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$ Ditanyakan: • Waktu pemanasan air, t	2
	Mendeskripsikan Masalah	Pemanas Listrik Mengubah Energi Listrik Menjadi kalor 	3

	$c_{air} = 4.200 \text{ J/kg} \cdot K$	
Merencanakan solusi	Langkah penyelesaian: 1. Menghitung perubahan suhu air $\Delta T = T_2 - T_1$ 2. Menentukan kalor yang diperlukan air $Q = mc\Delta T$ 3. Menggunakan hubungan antara daya dan waktu $t = \frac{Q}{P}$ 4. Menghitung waktu pemanasan	2
Menggunakan solusi	Perubahan suhu: $\Delta T = T_2 - T_1 = 35 - 15 = 20^\circ C$ Kalor yang diperlukan: $Q = mc\Delta T$ $Q = 80 \times 4.200 \times 20$ $Q = 6.720.000 \text{ J}$ Waktu pemanasan: $t = \frac{Q}{P}$ $t = \frac{6.720.000}{4.000}$ $t = 1.680 \text{ detik}$ Konversi ke menit: $t = \frac{1.680}{60} = 28 \text{ menit}$	4
Mengevaluasi solusi	Waktu yang diperoleh adalah 28 <i>menit</i> , nilai ini masuk akal karena: • Massa air cukup besar (80 <i>kg</i>) • Kenaikan suhu relatif sedang (20°C) • Daya pemanas cukup besar (4 <i>kW</i>) Secara fisika, hasil sesuai dengan konsep hubungan kalor dan daya listrik.	4

Lampiran 1. 4 Kisi-kisi Tes KPM (Pretest dan Posttest)

Satuan Pendidikan : SMA
 Mata Pelajaran : Fisika
 Program Studi : MIPA
 Alokasi Waktu : 80 menit
 Jumlah : 10 butir soal *Essay*

Capaian Pembelajaran	Indikator Soal	Komponen Kemampuan Pemecahan Masalah					No. Soal
		D1	D2	D3	D4	D5	
Menganalisis Suhu dan kalor dan penerapannya dalam kehidupan	Menganalisis hubungan berbagai skala suhu pada termometer melalui perbandingan titik tetap untuk menentukan nilai suhu pada skala tertentu	✓	✓	✓	✓	✓	1
	Menganalisis fenomena pemuaian panjang pada benda padat untuk menentukan perubahan suhu atau panjang yang terjadi	✓	✓	✓	✓	✓	2
	Menganalisis pemuaian luas pada benda padat akibat perubahan suhu dalam kehidupan sehari-hari	✓	✓	✓	✓	✓	3
	Menganalisis perubahan suhu dan perubahan wujud zat menggunakan	✓	✓	✓	✓	✓	4,5

Capaian Pembelajaran	Indikator Soal	Komponen Kemampuan Pemecahan Masalah					No. Soal
		D1	D2	D3	D4	D5	
	konsep kalor, kalor jenis, dan kalor laten						
	Menganalisis pertukaran kalor pada proses pencampuran zat hingga tercapai kesetimbangan termal	✓	✓	✓	✓	✓	6,7
	Menganalisis perpindahan kalor secara konveksi dalam kehidupan sehari-hari	✓	✓	✓	✓	✓	8,9
	Menganalisis penggunaan energi kalor pada pemanas listrik untuk menentukan waktu pemanasan zat	✓	✓	✓	✓	✓	10
Jumlah soal							10

Keterangan:

- D1 : Memfokuskan masalah
 D2 : Mendeskripsikan masalah
 D3 : Merencanakan solusi
 D4 : Menggunakan solusi
 D5 : Mengevaluasi solusi

Lampiran 1. 5 Kisi-kisi Tes KPM**TES KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH****MATERI : SUHU DAN KALOR****(WAKTU: 80 menit)**

Petunjuk Pengerjaan Soal

1. Tulislah jawaban anda pada lembar jawaban yang telah disediakan.
 2. Tulislah identitas anda pada kolom yang telah disediakan pada lembar jawaban.
 3. Cermati setiap soal yang tersedia, jika terdapat soal yang kurang jelas, tanyakan pada pengawas.
 4. Kerjakan soal yang dianggap lebih mudah terlebih dahulu.
 5. Kerjakan soal secara jujur dan mandiri
 6. Waktu pengerjaan soal selama 80 menit
-

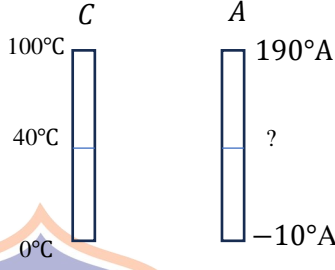
1. Seorang teknisi laboratorium bernama Andi sedang menguji sebuah termometer *A* yang baru dibuat. Andi menafsirkan hubungan antara skala Celsius dan skala termometer *A* dengan cara membandingkan titik tetapnya. Ia melihat bahwa ketika termometer Celsius menunjukkan 0°C , termometer *A* menunjukkan -10°A . Selanjutnya, saat termometer Celsius menunjukkan 100°C , termometer *A* menunjukkan 190°A . Berdasarkan hasil pengamatan tersebut, tentukan berapa skala yang ditunjukkan termometer *A* ketika termometer Celsius menunjukkan 40°C .
2. Seorang petugas perawatan jalur kereta api bernama Budi sedang membantu memasang dua batang rel kereta api, masing-masing panjangnya 10 meter, memiliki suhu 20°C . Budi mengetahui bahwa pada saat suhu lingkungan meningkat hingga 30°C , kedua batang rel tersebut diharapkan tepat saling bersentuhan tanpa celah. Untuk memperhitungkan pemuaian rel akibat kenaikan suhu, Budi menggunakan koefisien muai panjang rel kereta api sebesar $12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Berdasarkan informasi tersebut, hitunglah jarak celah

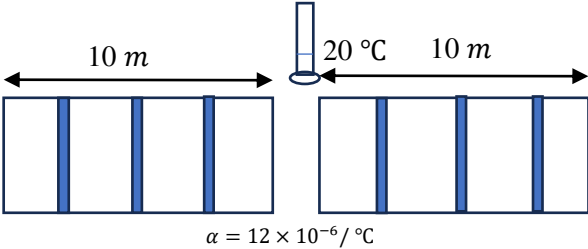
yang harus diberikan antara kedua batang rel pada suhu 20°C agar pada suhu 30°C kedua rel tersebut saling bersentuhan.

3. Di sebuah bengkel, Dino mengamati pemuaian batang baja saat dipanaskan. Ia mengetahui bahwa sebuah batang baja sepanjang 1 m akan bertambah panjang 1 mm ketika suhunya dinaikkan dari 0°C menjadi 100°C . Teknisi tersebut kemudian memiliki batang baja lain yang panjangnya 60 cm . Batang baja ini dipanaskan dari suhu 0°C hingga 120°C . Berdasarkan informasi tersebut, berapakah pertambahan panjang batang baja kedua tersebut dalam satuan *milimeter* (mm)?
4. Sebuah Freezer mengubah 2 kg air yang mula-mula bersuhu 20°C menjadi es bersuhu -10°C . Diketahui bahwa kalor jenis air adalah $1\text{ kal/g}^{\circ}\text{C}$, kalor jenis es $0,5\text{ kal/g}^{\circ}\text{C}$, dan kalor laten air sebesar 80 kal/kg . Hitunglah banyaknya energi yang harus dikeluarkan oleh freezer selama proses tersebut!
5. Di laboratorium fisika, Andi melakukan percobaan pemanasan kalaor menggunakan dua benda, A dan B . Benda A memiliki massa sebesar m dan kalor jenis sebesar c , sedangkan benda B memiliki massa sebesar $2m$ dan kalor jenis sebesar $2c$. Kedua benda tersebut dipanaskan dengan kalor yang sama besar. Setelah pemanasan, Andi mengamati bahwa suhu benda B meningkat sebesar $8K$. Berdasarkan hubungan fisis antara kalor, massa, kalor jenis, dan perubahan suhu, analisislah berapa besar kenaikan suhu benda A ?
6. Di laboratorium fisika sekolah, seorang siswa bernama Reno melakukan percobaan pencampuran dua sampel air. Sampel pertama adalah 75 gram air bersuhu 0°C , sedangkan sampel kedua adalah 50 gram air bersuhu 100°C . Kedua sampel air tersebut dicampurkan dalam satu wadah hingga tercapai kesetimbangan termal. Berdasarkan prinsip pertukaran kalor, evaluasilah suhu akhir campuran air tersebut.

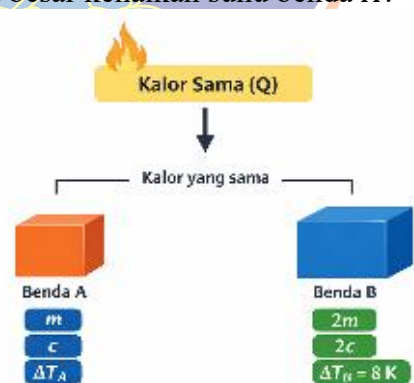
7. Nanda melakukan percobaan di laboratorium. Ia memanaskan sebuah benda hingga suhunya mencapai 80°C dengan massa 10 gram . Benda panas tersebut kemudian dimasukkan ke dalam wadah berisolasi (wadah khusus yang menahan panas) yang berisi 80 gram air bersuhu 20°C . Setelah beberapa saat, suhu air dan benda di dalam wadah menjadi sama, yaitu 40°C . Jika kalor jenis air adalah $1\text{ kal/gr}^{\circ}\text{C}$, berapakah kalor jenis zat tersebut?
8. Mira sedang beristirahat di ruangan ber-AC yang bersuhu 22°C . Suhu permukaan kulit Mira sekitar 32°C dan luas permukaan tubuhnya diperkirakan $1,6\text{ m}^2$. Jika perpindahan kalor terjadi secara konveksi dengan koefisien konveksi $7,0\text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, tentukan besar kalor yang dilepaskan tubuh Mira ke lingkungan selama 5 menit ?
9. Fajar mengamati dua batang logam A dan B yang panjangnya sama tetapi terbuat dari bahan berbeda. Kedua batang disambung ujung ke ujung. Ujung kiri batang B ditempelkan pada pemanas sehingga suhunya tetap 80°C , sedangkan ujung kanan batang A suhunya terukur tetap 5°C . Koefisien konduksi kalor batang B diketahui dua kali koefisien konduksi kalor batang A . Berapakah suhu pada titik sambungan antara batang A dan batang B ? (dalam $^{\circ}\text{C}$).
10. Sebuah asrama sekolah, seorang petugas ingin memanaskan air untuk keperluan mandi pagi para siswa. Ia menggunakan sebuah pemanas listrik berkekuatan 4 kW untuk memanaskan 80 kg air yang semula bersuhu 15°C . Pemanas tersebut digunakan hingga suhu air mencapai 35°C . Diketahui kalor jenis air adalah $4.200\text{ J/kg} \cdot \text{K}$. Analisislah waktu yang dibutuhkan pemanas listrik tersebut untuk memanaskan air hingga suhu 35°C !

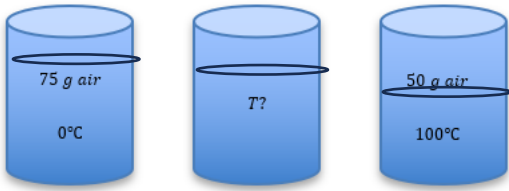
Lampiran 1. 6 Kunci Jawaban Tes KPM (Pretest dan Posttest)

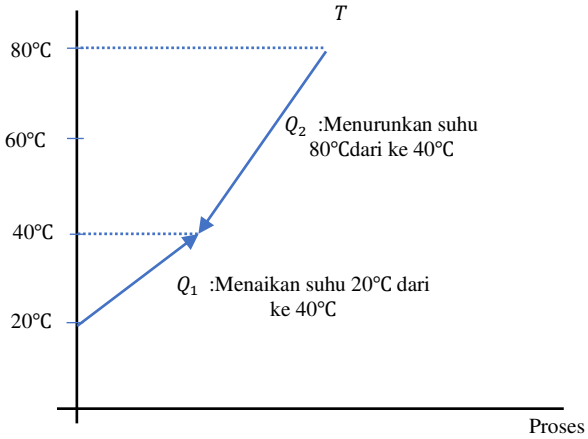
No	Dimensi	Kunci Jawaban	Skor
1	Memfokuskan masalah	Diketahui: Saat $0^{\circ}\text{C} \rightarrow$ skala $A = a^{\circ}$. Saat $100^{\circ}\text{C} \rightarrow$ skala $A = 2a^{\circ}$ Ditanya: skala termometer A saat suhu 40°C	2
	Mendeskripsikan Masalah		3
	Merencanakan solusi	$\frac{C - C_1}{C_2 - C_1} = \frac{A - A_1}{A_2 - A_1}$	2
	Menggunakan solusi	$\frac{40^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C}}{100^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C}} = \frac{A - (-10A^{\circ})}{190A^{\circ} - (-10A^{\circ})}$ $\frac{40^{\circ}\text{C}}{100^{\circ}\text{C}} = \frac{A + 10A^{\circ}}{200A^{\circ}}$ $\frac{100^{\circ}\text{C}}{2^{\circ}\text{C}} = \frac{200A^{\circ}}{A + 10A^{\circ}}$ $5^{\circ}\text{C} = \frac{200A^{\circ}}{A + 10A^{\circ}}$ $(A + 10) = \frac{2}{5} \times 200$ $(A + 10) = 80$ $A = 80 - 10$ $A = 70A^{\circ}$	4
	Mengevaluasi solusi	Hasil yang diperoleh: • Hubungan skala bersifat linier dan sesuai dengan prinsip kalibrasi termometer • Hasil yang diperoleh masuk akal karena suhu 40°C berada di tengah-tengah antara 0°C dan 100°C, sehingga skala pada termometer A juga seharusnya berada di tengah-tengah antara 190°A dan -10°A.	4
2	Memfokuskan masalah	Diketahui: $L = 10 \text{ meter}$ $\alpha = 12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ $\Delta T = 30 - 20 = 10^{\circ}\text{C}$ Ditanya: Jarak celah awal yang harus diberikan antara dua rel pada suhu 20°C .	2
	Mendeskripsikan Masalah		3

		 $\alpha = 12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ Ditanya : jarak celah pada 20°C agar kedua rel tersebut saling bersentuhan	
	Merencanakan solusi	Pertambahan panjang satu rel: $\Delta L_1 = \alpha L \Delta T$	2
	Menggunakan solusi	$\Delta L_1 = 12 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^\circ\text{C}$ $= 1,2 \times 10^{-3} \text{ m} = 12 \text{ mm}$ Karena terdapat dua batang rel, maka jarak celah total yang diperlukan adalah: Celah = $2 \times \Delta L = 2 \times 1,2 \times 10^{-3}$ Celah = $2,4 \times 10^{-3} \text{ m}$ Celah = $0,24 \text{ cm}$	4
	Mengevaluasi solusi	Nilai celah awal sebesar $0,0024 \text{ m}$ ($2,4 \text{ mm}$): - Bernilai kecil dan realistis untuk pemuaian logam - Masuk akal karena rel memuai saat suhu naik	4
3	Memfokuskan masalah	Diketahui : $\Delta L_1 = 1 \text{ mm}$ $\Delta T_1 = 100 - 0 = 100^\circ\text{C}$ $L_{01} = 1 \text{ m} = 1000 \text{ mm}$ $L_{02} = 60 \text{ cm} = 600 \text{ mm}$ $\Delta T_2 = 120 - 0 = 120^\circ\text{C}$ Ditanya : ΔL_2 ?	2
	Mendesripsikan Masalah	Hubungan antara pertambahan panjang batang (ΔL), panjang awal batang (L_0), dan perubahan suhu (ΔT) dinyatakan dengan persamaan $\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$ Persamaan ini menunjukkan bahwa pertambahan panjang batang baja berbanding lurus dengan panjang awal batang dan besar kenaikan suhu.	3
	Merencanakan solusi	Tahap 1. Menentukan α dari batang pertama $\Delta L_1 = \alpha L_{01} \Delta T$ Tahap2. Menghitung ΔL batang kedua $\Delta L_2 = \alpha L_{02} \Delta T$	2
	Menggunakan solusi	Menentukan α dari batang pertama $\Delta L = \alpha L_{01} \Delta T$	4

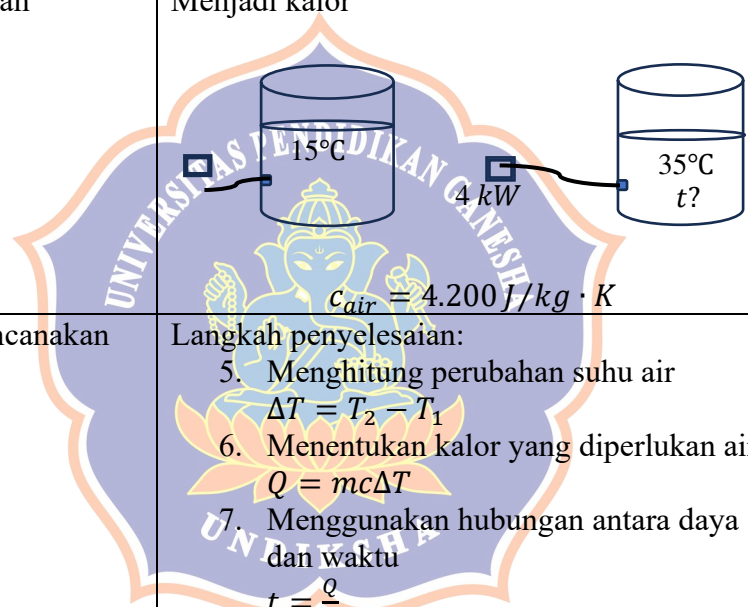
		$1 = \alpha(1000)(100)$ $\alpha = \frac{1}{100.000} = 1 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ Menghitung ΔL batang kedua $\Delta L_2 = \alpha L_{02} \Delta T$ $\Delta L_2 = 1 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C} (600)(120)$ $\Delta L_2 = 0,72 \text{ mm}$	
	Mengevaluasi solusi	Hasil 0,72 mm sudah masuk akal karena batang kedua lebih pendek, sehingga pemuaiannya lebih kecil meskipun kenaikan suhunya lebih besar.	4
4	Memfokuskan masalah	Diketahui: • Massa air $m = 2 \text{ kg} = 2000 \text{ g}$ • Suhu awal air $T_1 = 20^{\circ}\text{C}$ • Suhu akhir es $T_2 = -10^{\circ}\text{C}$. • Kalor jenis air $c_{\text{air}} = 1 \text{ kal/g}^{\circ}\text{C}$, • Kalor jenis es $c_{\text{es}} = 0,5 \text{ kal/g}^{\circ}\text{C}$ • Kalor laten beku $L = 80 \text{ kal/kg}$ Ditanya: Energi Total?	2
	Mendeskripsikan Masalah	The diagram illustrates the three stages of heat transfer for water freezing. It shows a vertical temperature scale from 20°C down to -10°C. Stage 1 (Q1) is cooling water from 20°C to 0°C. Stage 2 (Q2) is the phase change from water to ice at 0°C. Stage 3 (Q3) is cooling the ice from 0°C to -10°C.	3
	Merencanakan solusi	Tahap 1. Menurunkan suhu air dari 20°C ke 0°C $Q = mc_{\text{air}} \Delta T$ Tahap 2. Perubahan wujud air menjadi es pada suhu 0°C $Q_2 = mL$ Tahap 3. Menurunkan suhu es dari 0°C ke -10°C. $Q_3 = mc_{\text{es}} \Delta T$ Tahap 4. Mencari Q total $Q_{\text{total}} = Q_1 + Q_2 + Q_3$	2
	Menggunakan solusi	1. $Q_1 = 2.000 \times 1 \times (20 - 0)$ $Q_1 = 40.000 \text{ kal}$ 2. $Q_2 = 2.000 \times 80$ $Q_2 = 160.000 \text{ kal}$ 3. $Q_3 = 2.000 \times 0,5 \times 10$	4

		$Q_3 = 10.000 \text{ kal}$ Energi total yang dikeluarkan freezer $Q_{total} = 40.000 + 160.000 + 10.000$ $Q_{total} = 210.000 \text{ kal} = 210 \text{ kkal}$	
	Mengevaluasi solusi	Hasil perhitungan menunjukkan bahwa freezer harus menyerap 210.000 kal untuk mengubah 2 kg air bersuhu 20°C menjadi es bersuhu -10°C . Nilai ini masuk akal karena prosesnya melibatkan tiga tahap: pendinginan air, perubahan wujud air menjadi es, dan penurunan suhu es. Bagian terbesar energi digunakan saat pembekuan air, karena membutuhkan kalor laten yang besar. Oleh karena itu, hasil ini sesuai dengan konsep perpindahan kalor dan perubahan fase.	4
5	Memfokuskan masalah	Diketahui: Untuk benda A : • massa = m • kalor jenis = c • kenaikan suhu = ΔT_A Untuk benda B: • massa = $2m$ • kalor jenis = $2c$ • kenaikan suhu = $8K$ Ditanya: berapa besar kenaikan suhu benda A?	2
	Mendesripsikan Masalah	 Kalor Sama (Q) Kalor yang sama Benda A: m, c, ΔT_A Benda B: $2m$, $2c$, $\Delta T_B = 8K$	3
	Merencanakan solusi	Langkah penyelesaian: 5. Gunakan persamaan kalor: $Q = mc\Delta T$ 6. Samakan kalor pada benda A dan B $Q_A = Q_B$ 7. Substitusikan nilai massa dan kalor jenis masing-masing benda 8. Hitung nilai ΔT_A	2
	Menggunakan solusi	$m_A c_A \Delta T_A = m_B c_B \Delta T_B$ $mc\Delta T_A = (2m)(2c)(8K)$ $\Delta T_A = 32K$	4

	Mengevaluasi solusi	Hasil ini masuk akal karena ada hubungan $Q = mc\Delta T$. Benda B memiliki massa dan kalor jenis yang lebih besar ($2m$ dan $2c$), sehingga lebih sulit dipanaskan. Karena kedua benda menerima kalor yang sama, maka benda A yang lebih ringan dan lebih mudah dipanaskan mengalami kenaikan suhu lebih besar, yaitu 32 K .	4
6	Memfokuskan masalah	Diketahui: • Massa air dingin, $m_1 = 75\text{ gram}$ • Suhu awal air dingin, $T_1 = 0^\circ\text{C}$ • Massa air panas, $m_2 = 50\text{ gram}$ • Suhu awal air panas, $T_2 = 100^\circ\text{C}$ • Kalor jenis air sama untuk kedua sampel (c sama) Ditanya: • Suhu akhir campuran air tersebut	2
	Mendesripsikan Masalah	Dapat digambarkan 	3
	Merencanakan solusi	Menurut Asas Black $Q_{\text{serap}} = Q_{\text{lepas}}$ $Q_1 = Q_2$ $m_1 c_a \Delta T = m_2 c_a \Delta T$	2
	Menggunakan solusi	$75 \times 1 \times (T_f - 0) = 50 \times 1 \times (100 - T_f)$ $75T_f = 5.000 - 50T_f$ $125T_f = 5.000$ $T_f = \frac{5000}{125}$ $T = 40^\circ\text{C}$	4
	Mengevaluasi solusi	Suhu akhir campuran adalah 40°C . Nilai ini masuk akal karena suhu akhir berada di antara 0°C dan 100°C , serta massa air bersuhu 0°C lebih besar sehingga suhu akhir lebih dekat ke suhu rendah.	4
7	Memfokuskan masalah	Diketahui: - Massa benda $m_l = 10\text{ gram}$ - Suhu awal benda $T_0 = 80^\circ\text{C}$ - Massa air $m_a = 80\text{ gram}$ - Suhu awal air $T_0 = 20^\circ\text{C}$ - Suhu akhir campuran $T_c = 40^\circ\text{C}$ - Kalor jenis air ($c = 1\text{ kal/g}^\circ\text{C}$). Ditanya:	2

		Berapa kalor jenis benda tersebut?	
	Mendeskripsikan Masalah		3
	Merencanakan solusi	Menurut Asas Black $Q_{\text{serap}} = Q_{\text{lepas}}$ $Q_1 = Q_2$ $m_a c_a \Delta T = m_l c_l \Delta T$	2
	Melaksanakan solusi	$80 \times 1(40 - 20) = 10c(80 - 40)$ $80 \times 20 = 10c(40)$ $1600 = 400c$ $c = \frac{1600}{400}$ $c = 4 \text{ kal/g}^\circ\text{C}$	4
	Mengevaluasi solusi	Suhu akhir campuran diperoleh $46,7^\circ\text{C}$. Nilai ini berada di antara suhu awal kedua air (25°C dan 90°C), sehingga sesuai secara fisika. Suhu akhir lebih dekat ke 25°C karena massa air bersuhu rendah lebih besar. Dengan demikian, hasil perhitungan masuk akal dan konsisten dengan asas pertukaran kalor.	4
8	Memfokuskan masalah	Diketahui: - Suhu kulit $T_1 = 32^\circ\text{C}$ - Suhu ruangan $T_2 = 22^\circ\text{C}$ - Luas permukaan $A = 1,6\text{m}^2$ - Koefisien konveksi $h = 7,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ - Waktu $t = 5 \text{ menit} = 5 \times 60 = 300 \text{ s}$ Ditanyakan: Besar kalor yang dilepaskan selama 5 menit	2
	Mendeskripsikan Masalah	Suhu tubuh Mira $32^\circ\text{C} \rightarrow$ Melepaskan kalor $\rightarrow$ Suhu ruangan 22°C melalui konveksi	3
	Merencanakan solusi	Langkah penyelesaian: - Menghitung selisih suhu $\Delta T = T_1 - T_2$ - Menggunakan persamaan kalor konveksi $Q = hA\Delta T t$	2

	Menggunakan solusi	1. Menghitung selisih suhu $\Delta T = T_1 - T_2$ $\Delta T = 32^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C}$ $\Delta T = 10^\circ\text{C}$ 2. Menggunakan persamaan kalor konveksi $Q = hA\Delta T t$ $Q = 7,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \times 1,6 \text{ m}^2 \times 10^\circ\text{C} \times 300 \text{ s}$ $Q = 33.600 \text{ J}$	4
	Mengevaluasi solusi	Nilai kalor masuk akal karena perbedaan suhu cukup besar dan waktu relatif lama (5 menit).	4
9	Memfokuskan masalah	Diketahui: - Dua batang logam A dan B - Panjang dan luas penampang kedua batang sama - Suhu ujung kiri batang A: $T_A = 80^\circ\text{C}$ - Suhu ujung kanan batang B: $T_B = 5^\circ\text{C}$ - Koefisien konduksi kalor: $k_B = 2k_A$ Ditanya: Suhu pada bidang batas antara batang A dan batang B (T_{AB}).	2
	Mendeskripsikan Masalah	Dua batang mempunyai ukuran yang sama artinya panjang (L) dan luas penampang (A) adalah sama. Perambatan kalor yang terjadi pada kedua logam adalah: 	3
	Merencanakan solusi	$H_A = H_B$ $\frac{k_A A_A \Delta T_A}{L_A} = \frac{k_B A_B \Delta T_B}{L_B}$ $k_A \Delta T_A = k_B \Delta T_B$	2
	Menggunakan solusi	$k_A (80 - T) = 2k_A (T - 5)$ $80 - T = 2(T - 5)$ $80 - T = 2T - 10$ $80 + 10 = 2T + T$ $90 = 3T$ $T = \frac{90}{3}$ $T = 30^\circ\text{C}$	4

	Mengevaluasi solusi	Suhu bidang batas yang diperoleh adalah 30°C . Nilai ini masuk akal karena berada di antara 5°C dan 80°C . Hal ini sesuai dengan konsep perpindahan kalor secara konduksi, sehingga hasil perhitungan dapat diterima.	4
10S	Memfokuskan masalah	Diketahui: • Daya pemanas listrik: $P = 4 \text{ kW} = 4.000 \text{ W}$ • Massa air: $m = 80 \text{ kg}$ • Suhu awal air: $T_1 = 15^{\circ}\text{C}$ • Suhu akhir air: $T_2 = 35^{\circ}\text{C}$ • Kalor jenis air: $c = 4.200 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$ Ditanyakan: • Waktu pemanasan air, t	2
	Mendeskripsikan Masalah	Pemanas Listrik Mengubah Energi Listrik Menjadi kalor  $c_{\text{air}} = 4.200 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$	3
	Merencanakan solusi	Langkah penyelesaian: 5. Menghitung perubahan suhu air $\Delta T = T_2 - T_1$ 6. Menentukan kalor yang diperlukan air $Q = mc\Delta T$ 7. Menggunakan hubungan antara daya dan waktu $t = \frac{Q}{P}$ 8. Menghitung waktu pemanasan	2
	Menggunakan solusi	Perubahan suhu: $\Delta T = T_2 - T_1 = 35 - 15 = 20^{\circ}\text{C}$ Kalor yang diperlukan: $Q = mc\Delta T$ $Q = 80 \times 4.200 \times 20$ $Q = 6.720.000 \text{ J}$ Waktu pemanasan: $t = \frac{Q}{P}$ $t = \frac{6.720.000}{4.000}$ $t = 1.680 \text{ detik}$	4

		Konversi ke menit: $t = \frac{1.680}{60} = 28 \text{ menit}$	
	Mengevaluasi solusi	Waktu yang diperoleh adalah 28 <i>menit</i>, nilai ini masuk akal karena: • Massa air cukup besar (80 <i>kg</i>) • Kenaikan suhu relatif sedang (20°C) • Daya pemanas cukup besar (4 <i>kW</i>) Secara fisika, hasil sesuai dengan konsep hubungan kalor dan daya listrik.	4



LAMPIRAN 2

HASIL UJI COBA INSTRUMEN



- Lampiran 2.1 Data Hasil Uji Coba Tes Kemampuan Pemecahan Masalah
- Lampiran 2.2 Hasil Analisis IDB dan IKB dari Data Hasil Uji Coba
- Lampiran 2.3 Hasil Analisis Konsistensi Internal Butir dari Hasil Uji Coba
- Lampiran 2.4 Hasil Analisis Reliabilitas Tes Kemampuan Pemecahan masalah
- Lampiran 2.5 Rekapitulasi Hasil Analisis Uji Coba Kemampuan Pemecahan masalah

Lampiran 2. 1 Data Hasil Uji Coba Tes KPM

Sekolah Uji Coba : SMA Negeri 3 Singaraja

Kelas : XII-B dan XII-C

Jumlah Responden : 65 orang

Jumlah soal : 15 butir

No	Responden	No Butir															Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Siswa 1	7	10	8	10	8	8	12	9	8	8	10	8	6	8	14	134
2	Siswa 2	0	0	0	0	6	0	6	5	0	0	0	0	0	0	0	17
3	Siswa 3	6	2	0	0	0	4	3	6	1	0	0	0	0	0	0	22
4	Siswa 4	7	7	7	6	7	8	6	8	0	0	0	0	0	0	0	56
5	Siswa 5	6	5	8	4	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
6	Siswa 6	0	0	0	0	0	5	3	6	6	0	0	0	0	0	0	20
7	Siswa 7	0	4	8	4	7	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	27
8	Siswa 8	6	10	8	12	8	8	8	8	7	8	6	8	4	8	8	117
9	Siswa 9	7	10	4	8	8	8	7	8	0	0	0	0	0	0	0	60
10	Siswa 10	2	8	8	10	8	8	8	8	8	0	8	8	0	0	0	84
11	Siswa 11	6	6	8	4	6	4	6	8	6	0	0	0	0	0	0	54
12	Siswa 12	4	4	11	4	8	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	40
13	Siswa 13	11	8	8	8	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47
14	Siswa 14	6	2	8	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
15	Siswa 15	6	8	6	11	6	8	7	4	6	4	8	6	6	8	8	102
16	Siswa 16	6	6	7	6	4	2	3	4	4	2	3	4	3	3	3	60
17	Siswa 17	12	12	12	12	8	9	8	5	8	8	6	8	4	0	9	121
18	Siswa 18	7	8	8	8	8	6	8	9	6	8	6	8	5	8	8	111
19	Siswa 19	11	7	8	8	8	8	7	8	8	0	0	0	0	0	0	73
20	Siswa 20	7	9	8	8	8	8	8	9	7	8	6	8	5	8	10	117
21	Siswa 21	0	0	8	3	8	0	0	8	6	0	0	0	0	0	0	33
22	Siswa 22	8	8	6	6	8	8	6	8	8	0	0	0	0	0	0	66
23	Siswa 23	11	7	8	8	8	8	0	8	0	0	0	0	0	0	0	58
24	Siswa 24	11	4	8	6	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
25	Siswa 25	8	5	8	6	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
26	Siswa 26	8	0	6	5	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	26
27	Siswa 27	8	8	4	9	8	8	7	9	8	8	8	8	5	8	9	115
28	Siswa 28	11	8	8	9	8	6	10	9	7	8	8	8	3	8	12	123
29	Siswa 29	7	8	6	8	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	61
30	Siswa 30	3	8	4	6	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	53
31	Siswa 31	8	8	8	8	8	8	6	0	8	0	0	0	0	0	0	62
32	Siswa 32	6	4	8	5	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
33	Siswa 33	9	9	10	8	10	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	62
34	Siswa 34	7	10	6	8	6	6	12	8	8	8	8	8	0	0	0	95
35	Siswa 35	6	9	7	8	8	10	9	9	8	6	3	0	0	0	0	83
36	Siswa 36	7	5	8	8	3	8	8	8	6	2	0	0	0	0	0	63
37	Siswa 37	10	12	6	6	8	6	4	6	6	6	0	0	0	0	0	70
38	Siswa 38	4	6	8	2	6	5	5	4	4	6	0	0	0	0	0	50
39	Siswa 39	10	8	10	8	7	8	6	6	7	4	4	5	7	8	10	108
40	Siswa 40	8	2	8	6	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
41	Siswa 41	6	8	8	10	6	8	2	8	8	8	6	7	0	0	0	85
42	Siswa 42	8	8	4	6	5	8	5	1	3	3	3	5	3	3	5	70

No	Responden	No Butir															Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
43	Siswa 43	8	8	8	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	56
44	Siswa 44	5	3	6	2	5	5	4	5	5	0	0	0	0	0	0	40
45	Siswa 45	6	4	7	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
46	Siswa 46	8	6	10	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
47	Siswa 47	10	8	10	7	8	7	8	10	0	0	0	0	0	0	0	68
48	Siswa 48	6	4	6	4	5	4	5	6	6	3	5	6	1	6	3	70
49	Siswa 49	8	8	6	8	8	5	5	5	8	3	3	0	0	0	0	67
50	Siswa 50	8	8	8	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	56
51	Siswa 51	8	6	4	3	8	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	38
52	Siswa 52	6	4	7	6	6	9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	43
53	Siswa 53	11	12	10	8	8	8	8	7	8	2	5	0	0	0	0	87
54	Siswa 54	8	10	7	5	5	5	4	5	7	7	0	0	0	0	0	63
55	Siswa 55	8	8	8	8	8	6	8	7	8	2	0	0	0	0	0	71
56	Siswa 56	8	8	8	8	8	8	7	0	0	0	0	0	0	0	0	55
57	Siswa 57	8	8	5	9	8	8	9	8	8	8	6	8	8	8	10	119
58	Siswa 58	6	6	6	6	6	6	8	5	0	0	0	0	0	0	0	49
59	Siswa 59	8	8	8	8	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	64
60	Siswa 60	12	8	6	6	6	8	5	4	8	4	4	0	0	0	0	71
61	Siswa 61	8	12	13	14	13	12	4	8	8	3	0	0	0	0	4	99
62	Siswa 62	8	10	6	10	8	8	8	8	8	8	8	8	2	0	8	108
63	Siswa 63	7	3	3	3	3	3	3	3	3	4	2	3	5	4	5	54
64	Siswa 64	8	7	8	12	6	8	6	8	8	8	4	8	0	0	0	91
65	Siswa 65	8	8	8	8	8	7	7	6	6	6	2	0	0	0	3	77

Kelompok atas 27% (18 Responden)

No	Responden	No Butir															Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Siswa 1	7	10	8	10	8	8	12	9	8	8	10	8	6	8	14	134
2	Siswa 28	11	8	8	9	8	6	10	9	7	8	8	8	3	8	12	123
3	Siswa 17	12	12	12	12	8	9	8	5	8	8	6	8	4	0	9	121
4	Siswa 57	8	8	5	9	8	8	9	8	8	8	6	8	8	8	10	119
5	Siswa 20	7	9	8	8	8	8	8	9	7	8	6	8	5	8	10	117
6	Siswa 8	6	10	8	12	8	8	8	8	7	8	6	8	4	8	8	117
7	Siswa 27	8	8	4	9	8	8	7	9	8	8	8	8	5	8	9	115
8	Siswa 18	7	8	8	8	8	6	8	9	6	8	6	8	5	8	8	111
9	Siswa 39	10	8	10	8	7	8	6	6	7	4	4	5	7	8	10	108
10	Siswa 62	8	10	6	10	8	8	8	8	8	8	8	8	2	0	8	108
11	Siswa 15	6	8	6	11	6	8	7	4	6	4	8	6	6	8	8	102
12	Siswa 61	8	12	13	14	13	12	4	8	8	3	0	0	0	0	4	99
13	Siswa 34	7	10	6	8	6	6	12	8	8	8	8	8	0	0	0	95
14	Siswa 64	8	7	8	12	6	8	6	8	8	8	4	8	0	0	0	91
15	Siswa 53	11	12	10	8	8	8	8	7	8	2	5	0	0	0	0	87
16	Siswa 41	6	8	8	10	6	8	2	8	8	8	6	7	0	0	0	85
17	Siswa 10	2	8	8	10	8	8	8	8	8	0	8	8	0	0	0	84
18	Siswa 35	6	9	7	8	8	10	9	9	8	6	3	0	0	0	0	83

Kelompok Bawah 27% (18 Responden)

No	Responden	No Butir															Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	siswa 2	0	0	0	0	6	0	6	5	0	0	0	0	0	0	0	17
2	Siswa 6	0	0	0	0	0	5	3	6	6	0	0	0	0	0	0	20
3	Siswa 3	6	2	0	0	0	4	3	6	1	0	0	0	0	0	0	22
4	Siswa 14	6	2	8	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
5	Siswa 26	8	0	6	5	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	26
6	Siswa 45	6	4	7	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
7	Siswa 7	0	4	8	4	7	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	27
8	Siswa 46	8	6	10	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
9	Siswa 32	6	4	8	5	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
10	Siswa 5	6	5	8	4	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
11	Siswa 40	8	2	8	6	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
12	Siswa 21	0	0	8	3	8	0	0	8	6	0	0	0	0	0	0	33
13	Siswa 25	8	5	8	6	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
14	Siswa 24	11	4	8	6	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
15	Siswa 51	8	6	4	3	8	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	38
16	Siswa 12	4	4	11	4	8	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	40
17	Siswa 44	5	3	6	2	5	5	4	5	5	0	0	0	0	0	0	40
18	Siswa 52	6	4	7	6	6	9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	43

Lampiran 2. 2 Hasil Analisis IDB dan IKB dari Data Hasil Uji Coba

Analisis Indeks Daya Beda Butir (IDB)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Jumlah Responden	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Kelompok Atas dan Bawah (N)	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Jumlah Skor K. Atas (H)	138	165	143	176	140	145	140	140	136	115	110	114	55	72	110
Jumlah Skor K. Bawah (L)	96	55	115	65	101	36	32	30	18	0	0	0	0	0	0
Skor Maksimum	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Skor Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(skor maks)-(skor min)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
$\Sigma H - \Sigma L$	42	110	28	111	39	109	108	110	118	115	110	114	55	72	110
$N * (\text{Skor max} - \text{Skor min})$	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
Indeks Daya Beda Butir	0,15	0,40	0,10	0,41	0,14	0,40	0,4	0,40	0,43	0,42	0,40	0,42	0,20	0,26	0,40
Hasil IDB	Sangat rendah	Sedang	Sangat rendah	Sedang	Sangat rendah	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Rendah	Rendah	Sedang

Analisis Indeks Kesukaran Butir (IKB)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Jumlah Responden	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Kelompok Atas dan Bawah (N)	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Jumlah Skor K. Atas (H)	138	165	143	176	140	145	140	140	136	115	110	114	55	72	110
Jumlah Skor K. Bawah (L)	96	55	115	65	101	36	32	30	18	0	0	0	0	0	0
Skor Maksimum	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Skor Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(Skor maks) - (Skor min)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
$\Sigma H + \Sigma L$	234	220	258	241	241	181	172	170	154	115	110	114	55	72	110
$2N * (\text{Skor max} - \text{Skor min})$	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540
Indeks Kesukaran Butir	0,43	0,40	0,47	0,44	0,44	0,33	0,31	0,31	0,28	0,21	0,20	0,21	0,10	0,13	0,20
Hasil IKB	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sukar	Sukar	Sukar	Sukar	Sukar	Sukar

Lampiran 2. 3 Hasil Analisis Konsistensi Internal Butir dari Hasil Uji Coba

Correlations			Kategori
Soal 1	Pearson Correlation	0,384	Konsisten
	N	65	
Soal 2	Pearson Correlation	0,740	Konsisten
	N	65	
Soal 3	Pearson Correlation	0,276	Konsisten
	N	65	
Soal 4	Pearson Correlation	0,783	Konsisten
	N	65	
Soal 5	Pearson Correlation	0,411	Konsisten
	N	65	
Soal 6	Pearson Correlation	0,666	Konsisten
	N	65	
Soal 7	Pearson Correlation	0,691	Konsisten
	N	65	
Soal 8	Pearson Correlation	0,617	Konsisten
	N	65	
Soal 9	Pearson Correlation	0,714	Konsisten
	N	65	
Soal 10	Pearson Correlation	0,805	Konsisten
	N	65	
Soal 11	Pearson Correlation	0,823	Konsisten
	N	65	
Soal 12	Pearson Correlation	0,787	Konsisten
	N	65	
Soal 13	Pearson Correlation	0,681	Konsisten
	N	65	
Soal 14	Pearson Correlation	0,663	Konsisten
	N	65	
Soal 15	Pearson Correlation	0,785	Konsisten
	N	65	

Lampiran 2. 4 Hasil Analisis Reliabilitas Tes KPM

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	65	100,0
	Excluded ^a	0	0,0
	Total	65	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha		N of Items
0,908		15

Hasil Uji: 0,908

Kriteria : Sangat Reliabel

Lampiran 2. 5 Rekapitulasi Hasil Analisis Uji Coba Tes KPM

No	Indeks Daya Beda		Indeks Kesukaran Butir		Konsistensi Internal Butir		Keputusan
	d_{hitung}	Kriteria	I_{hitung}	Kriteria	r_{hitung}	Kriteria	
1	0.155	Sangat Rendah	0.433	Sedang	0,384	Konsisten	Tidak Digunakan
2	0.407	Sedang	0.407	Sedang	0,740	Konsisten	Digunakan
3	0.103	Sangat Rendah	0.477	Sedang	0,276	Konsisten	Tidak Digunakan
4	0.411	Sedang	0.446	Sedang	0,783	Konsisten	Digunakan
5	0.144	Sangat Rendah	0.446	Sedang	0,411	Konsisten	Tidak Digunakan
6	0.403	Sedang	0.335	Sedang	0,666	Konsisten	Digunakan
7	0.4	Sedang	0.318	Sedang	0,691	Konsisten	Digunakan
8	0.407	Sedang	0.314	Sedang	0,617	Konsisten	Digunakan
9	0.437	Sedang	0.285	Sukar	0,714	Konsisten	Digunakan
10	0.425	Sedang	0.212	Sukar	0,805	Konsisten	Digunakan
11	0.407	Sedang	0.203	Sukar	0,823	Konsisten	Digunakan
12	0.422	Sedang	0.211	Sukar	0,787	Konsisten	Digunakan
13	0.203	Rendah	0.101	Sukar	0,681	Konsisten	Tidak Digunakan
14	0.266	Rendah	0.133	Sukar	0,663	Konsisten	Tidak Digunakan
15	0.407	Sedang	0.203	Sukar	0,785	Konsisten	Digunakan

LAMPIRAN 3

PERANGKAT PEMBELAJARAN



Lampiran 3.1 Modul ajar kelompok eksperimen

Lampiran 3.2 Modul ajar kelompok kontrol



Lampiran 3. 1 Modul ajar kelompok eksperimen

MODUL AJAR

A. Identitas Modul

Nama Penyusun : Natasya Cornelia Br Ginting
 Sekolah : SMAN 3 Singaraja
 Tahun : 2026
 Mata Pelajaran : Fisika
 Kelas/Semester : XI/Genap
 Materi Pokok : Suhu dan Kalor
 Alokasi Waktu : 8 x 40 menit (3x pertemuan)
 Model pembelajaran : *Self Organized Learning Environment (SOLE)*
berbantuan PhET Simulation

B. Capaian Pembelajaran

Pada akhir pembelajaran, peserta didik mampu memahami dan menganalisis konsep suhu dan kalor meliputi pengertian suhu, pengukuran suhu, kalor sebagai energi, perubahan suhu dan wujud zat, serta mekanisme perpindahan kalor (konduksi, konveksi, dan radiasi). Peserta didik mampu mengaitkan konsep-konsep tersebut dengan fenomena dan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari, serta menggunakan penalaran ilmiah untuk menjelaskan, merancang, dan mengevaluasi solusi terhadap masalah yang berkaitan dengan suhu dan kalor secara mandiri dan kolaboratif.

C. Tujuan Pembelajaran

Menerapkan konsep kalor dan perpindahan kalor serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari, melakukan analisis melalui penyelidikan tentang kalor dan mempresentasikan hasil analisisnya

D. Profil Pelajar Pancasila

1. Bernalar Kritis
2. Mandiri
3. Gotong royong

E. Saran dan Prasarana

1. Sarana : Laptop/Hp, LCD/Proyektor, Akses internet, LKPD

2. Prasarana : Buku fisika kelas XI, materi ajar dan *PhET Simulation: Energi Forms and Changes, Heat and Temperature*

F. Materi Pembelajaran

No	Pertemuan	Materi
1	Pertemuan 1	Materi Ajar Suhu
2	Pertemuan 2	Materi Ajar Kalor
3	Pertemuan 3	Materi Ajar Perpindahan Kalor

G. Kegiatan Pembelajaran

Pertemuan 1 (2 x 40 menit)	
Materi Ajar Suhu	
Kegiatan pembelajaran	
Pendahuluan (15 menit)	
1. Guru membuka pembelajaran dengan mengucapkan salam, berdoa bersama 2. Guru menanyakan kesiapan siswa untuk mengikuti pembelajaran 3. Guru melaksanakan presensi 4. Guru memberikan apersepsi kepada peserta didik untuk mengetahui pengetahuan awal peserta didik 5. Guru menyampaikan tujuan pembelajaran, model pembelajaran dan memotivasi peserta didik untuk belajar	
Inti Pembelajaran (45 menit)	
Pertanyaan	
1. Guru menyajikan video pembelajaran atau studi kasus untuk disimak oleh peserta didik fenomena suhu dan termometer https://www.youtube.com/watch?v=yFQBdOXFvoo 2. Peserta didik kemudian diarahkan untuk berpikir dan membayangkan fenomena yang ada di sekitarnya untuk membuat apersepsi 3. Guru memberikan pertanyaan-pertanyaan yang dapat menstimulus siswa untuk berpikir dan mengelaborasi konsep dan informasi yang diterimanya	

- a) Apa perbedaan antara suhu dan panas? Mengapa benda bisa memiliki suhu yang sama tetapi terasa berbeda saat disentuh
- b) Mengapa termometer menggunakan zat cair seperti air raksa atau alkohol sebagai pengisi? Apakah ada zat lain yang bisa menggantikan
- c) Mengapa suhu tubuh diukur menggunakan termometer, bukan dengan tangan
- d) Apa yang menyebabkan penilaian kedua anak bisa berbeda disaat keadaan suhu yang sama?

Penyelidikan

1. Guru membagi peserta didik menjadi (3-4 orang)
2. Guru membagikan LKPD dan menjelaskan secara singkat terkait LKPD yang akan dibuat oleh siswa.
3. Peserta didik mengeksplorasi dan investigasi terhadap pertanyaan yang diberikan guru dengan memanfaatkan simulasi PhET https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_in.html
4. Peserta didik berdiskusi dan mencatat hasil temuan dan investigasi pada LKPD
5. Guru berperan sebagai fasilitator dengan memonitor pekerjaan siswa

Review

1. Peserta didik menyampaikan hasil eksplorasi dan investigasi kepada guru dan peserta didik yang lain
2. Peserta didik lain bisa bertanya dan berdiskusi terhadap presentasi yang sudah disampaikan.
3. Guru memberikan umpan balik terhadap hasil penyelidikan yang telah di presentasikan mengenai materi suhu dengan temperatur

Penutup (20 menit)

Penutup (10 menit)

1. Guru dan peserta didik melakukan evaluasi dan refleksi terkait proses pembelajaran yang telah dilakukan
2. Guru memberikan penguatan konsep awal suhu dan termometer

3. Guru menyampaikan materi pertemuan berikutnya yaitu kalor, kapasitas kalor dan kalor jenis 4. Menutup kegiatan dengan berdoa bersama
Refleksi
Pertemuan 2 (3 x 40 menit)
Materi ajar Kalor
Kegiatan Pembelajaran
Pendahuluan (15 menit)
1. Guru membuka pembelajaran dengan mengucapkan salam, berdoa bersama 2. Guru menanyakan kesiapan siswa untuk mengikuti pembelajaran 3. Guru melaksanakan presensi 4. Guru memberikan apersepsi kepada peserta didik untuk mengetahui pengetahuan awal peserta didik 5. Guru menyampaikan tujuan pembelajaran dan memotivasi peserta didik untuk belajar
Inti Pembelajaran (85 menit)
Pertanyaan 1. Guru menyajikan video pembelajaran atau studi kasus untuk disimak oleh peserta didik fenomena kalor https://www.youtube.com/watch?v=hHZaY0PZzd0 2. Peserta didik kemudian diarahkan untuk berpikir dan membayangkan fenomena yang ada di sekitarnya untuk membuat apersepsi 3. Guru memberikan pertanyaan-pertanyaan yang dapat menstimulus siswa untuk berpikir dan mengelaborasi konsep dan informasi yang diterimanya - Apa perbedaan kalor, kapasitas kalor , dan kalor jenis? - Apa yang terjadi ketika logam yang dipanaskan kemudian dicelupkan ke dalam wadah yang berisi air? - Jika dua benda memiliki massa dan bahan yang berbeda, bagaimana kapasitas kalor memengaruhi perubahan suhunya saat diberi kalor yang sama.

- d) Saat kamu mencampurkan air panas dan dingin, mengapa suhu akhirnya menjadi hangat? Apakah ini bisa dijelaskan dengan hukum fisika tertentu?
- e) Rel kreta harus diberi celah saat dipasang. Apa yang akan terjadi jika tidak diberi celah?

Penyelidikan

1. Guru membagi peserta didik menjadi (3-4 orang)
2. Guru membagikan LKPD dan menjelaskan secara singkat terkait LKPD yang akan dibuat oleh siswa.
3. Peserta didik mengeksplorasi dan investigasi terhadap pertanyaan yang diberikan guru dengan memanfaatkan simulasi PhET https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_in.html
4. Peserta didik berdiskusi dan mencatat hasil temuan dan investigasi pada LKPD
5. Guru berperan sebagai fasilitator dengan memonitor pekerjaan siswa

Review

1. Setiap kelompok mempresentasikan hasil akhir
2. Kelompok lain memberikan tanggapan
3. Guru memfasilitasi diskusi dan meluruskan miskonsepsi dan memberikan umpan balik terhadap hasil penyelidikan yang telah dipresentasikan kalor jenis dan kapasitas kalor serta asas black

Penutup (20 menit)

1. Guru dan peserta didik melakukan evaluasi dan refleksi terkait proses pembelajaran yang telah dilakukan
2. Guru memberikan penguatan konsep kalor, kapasitas kalor dan kalor jenis
3. Guru menyampaikan materi pertemuan berikutnya yaitu perpindahan kalor
4. Menutup kegiatan dengan berdoa bersama

Pertemuan 3 (2 x 40 menit)

Materi ajar perpindahan kalor	
Kegiatan pembelajaran	
Pendahuluan (15 menit)	
1. Guru membuka pembelajaran dengan mengucapkan salam, berdoa bersama 2. Guru menanyakan kesiapan siswa untuk mengikuti pembelajaran 3. Guru melaksanakan presensi 4. Guru memberikan apersepsi kepada peserta didik untuk mengetahui pengetahuan awal peserta didik 5. Guru menyampaikan tujuan pembelajaran dan memotivasi peserta didik untuk belajar	
Inti Pembelajaran (45 menit)	
Pertanyaan 1. Guru menyajikan video pembelajaran atau studi kasus untuk disimak oleh peserta didik fenomena perpindahan kalor https://www.youtube.com/watch?v=QknW4y741oo 2. Peserta didik kemudian diarahkan untuk berpikir dan membayangkan fenomena yang ada di sekitarnya untuk membuat apersepsi 3. Guru memberikan pertanyaan-pertanyaan yang dapat menstimulus siswa untuk berpikir dan mengelaborasi konsep dan informasi yang diterimanya a) Mengapa pada saat kedinginan seseorang cenderung membuat api unggun untuk menghangatkan badan? b) Mengapa tanganmu terasa panas saat memegang sendok logam yang dicelupkan ke dalam teh panas? Apa jenis perpindahan kalor yang terjadi? c) Apa yang menyebabkan asap dari api unggun naik ke atas? Apakah ini ada kaitannya dengan jenis perpindahan kalor tertentu? Penyelidikan 1. Guru membagi peserta didik menjadi (3-4 orang)	

2. Guru membagikan LKPD dan menjelaskan secara singkat terkait LKPD yang akan dibuat oleh siswa.
3. Peserta didik mengeksplorasi dan investigasi terhadap pertanyaan yang diberikan guru dengan memanfaatkan simulasi PhET https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_in.html
4. Peserta didik berdiskusi dan mencatat hasil temuan dan investigasi pada LKPD
5. Guru berperan sebagai fasilitator dengan memonitor pekerjaan siswa

Review

1. Setiap kelompok mempresentasikan hasil akhir
2. Kelompok lain memberikan tanggapan
3. Guru memfasilitasi diskusi dan meluruskan miskonsepsi dan memberikan umpan balik terhadap hasil penyelidikan yang telah dipresentasikan materi perpindahan kalor secara konduksi, konveksi dan radiasi

Penutup (20 menit)

1. Guru bersama peserta didik menyimpulkan pembelajaran
2. Guru dan peserta didik mengevaluasi dan memberikan refleksi terkait proses pembelajaran
3. Menutup kegiatan dengan berdoa

H. Asesmen

Penilaian hasil belajar dilakukan selama proses pembelajaran melalui tes lisan atau kuis dan tes formatif. Penilaian keterampilan proses dilakukan selama proses pembelajaran melalui presentasi atau penilaian portofolio.

I. Refleksi Guru

No	Petanyaan	Jawaban
1	Apakah kegiatan membuka pembelajaran bisa mempersiapkan dan mengarahkan siswa untuk mengikuti pembelajaran dengan baik	

2	Apakah cara penyampaian materi dapat diterima dengan baik oleh peserta didik?	
3	Apakah peserta didik memberikan respon positif terhadap pertanyaan-pertanyaan yang diberikan?	
4	Apakah pelaksanaan pembelajaran hari ini dapat memberikan semangat kepada peserta didik untuk lebih antusias dalam pembelajaran selanjutnya	

J. Refleksi Siswa

No.	Pertanyaan	Ya	Tidak
	Apakah kalian sudah mengikuti proses pembelajaran dari awal sampai akhir dengan baik?		
	Apakah kalian sudah memahami materi yang diajarkan dengan baik?		
	Apakah kalian mengalami kesulitan saat mengikuti proses pembelajaran?		
	Apakah pelaksanaan pembelajaran yang dilakukan hari ini, membuat kalian lebih semangat dan antusias untuk menerima pembelajaran dipertemuan berikutnya?		

K. Remedial dan Pengayaan

1) Kegiatan remedial

Peserta didik yang hasil belajarnya belum mencapai target pendidik melakukan pengulangan materi dengan pendekatan yang lebih individual dan memberikan tugas individual tambahan untuk memperbaiki hasil belajar peserta didik yang bersangkutan.

2) Kegiatan pengayaan

Peserta didik yang daya tangkap dan daya kerjanya lebih dari peserta didik lain, pendidik memberikan kegiatan pengayaan yang lebih menantang dan

memperkuat daya serapnya terhadap materi yang telah dipelajari



Lampiran 3.1.1 Materi Ajar

MATERI

Panas dan dingin sering kita rasakan dalam kehidupan sehari-hari. Namun, apakah sensasi tersebut dapat langsung diartikan sebagai suhu? Lalu, bagaimana hubungan antara suhu dan kalor? Selain itu, mengapa benda dapat memuai ketika dipanaskan? Untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut, kita perlu mempelajari konsep suhu dan kalor secara lebih mendalam.

SUHU DAN KALOR

A. Suhu dan Termometer

Suhu merupakan besaran fisika yang menyatakan tingkat panas atau dinginnya suatu benda. Untuk mengukur suhu, digunakan alat yang disebut termometer. Termometer bekerja dengan memanfaatkan perubahan sifat fisik suatu zat akibat perubahan suhu, yang dikenal sebagai sifat termometrik.

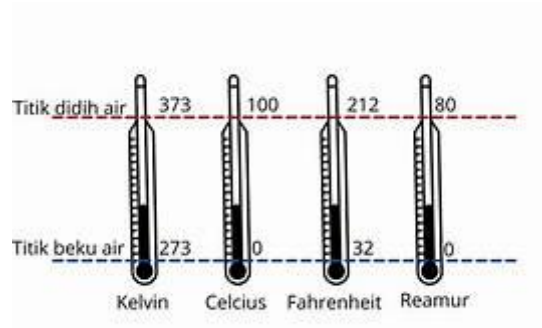
Terdapat berbagai jenis termometer, seperti termometer analog yang menunjukkan suhu melalui skala, serta termometer digital yang menampilkan angka suhu secara langsung. Keduanya berfungsi untuk menentukan suhu suatu benda atau lingkungan.



Gambar 1. Termometer

Beberapa skala suhu yang umum digunakan antara lain Celsius, Fahrenheit, Reamur, dan Kelvin. Skala Celsius memiliki titik beku air pada 0°C dan titik didih pada 100°C . Skala Reamur memiliki titik beku 0°R dan titik didih 80°R . Skala

Fahrenheit menetapkan titik beku air pada 32°F dan titik didih pada 212°F . Sementara itu, skala Kelvin merupakan skala suhu mutlak yang dimulai dari 0 K, dengan titik beku air berada pada 273 K.



Gambar 2. Skala Suhu

Hubungan antar skala suhu tersebut dapat dinyatakan melalui persamaan konversi antara Celsius dengan Fahrenheit, Reamur, dan Kelvin.

1. Hubungan antara C dan F

$$T^{\circ}\text{F} = \left(\frac{9}{5}T^{\circ}\text{C} + 32\right)^{\circ}\text{F} \text{ atau } T^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(T^{\circ}\text{F} - 32)$$

2. Hubungan antara C dan R

$$T^{\circ}\text{R} = \frac{4}{5}T^{\circ}\text{C} \text{ atau } T^{\circ}\text{C} = \frac{5}{4}T^{\circ}\text{R}$$

3. Hubungan antara C dan K

$$T = (T^{\circ}\text{C} + 273)\text{K}$$

B. Kalor

merupakan energi yang berpindah dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah hingga tercapai keseimbangan termal. Satu kalori didefinisikan sebagai banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 gram air sebesar 1°C . Satuan kalor dalam sistem internasional adalah joule (J), sedangkan satuan kalori sering digunakan dalam konteks tertentu, dengan hubungan 1 kalori setara dengan sekitar 4,2 joule.

(1) Kalor Jenis dan Kapasitas Kalor

Kalor jenis suatu benda didefinisikan sebagai jumlah kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 kg suatu zat sebesar 1 K. Kalor jenis ini menunjukkan kemampuan suatu benda untuk menyerap kalor. Semakin besar kalor jenis suatu benda, semakin besar pula kemampuan benda tersebut dalam menyerap kalor.

Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \text{ atau } c = \frac{Q}{m \Delta T}$$

Keterangan :

Q = Kalor yang diserap dan dilepaskan (J)

m = Massa zat (kg)

ΔT = Perubahan suhu (K)

c = Kalor jenis (J/kg°C)

a) Hubungan Kalor dengan Suhu Benda

Hubungan kalor dan suhu benda adalah makin besar kenaikan suhu suatu benda maka makin besar pula kalor yang diserapnya. Selain itu, kalor yang diserap benda juga bergantung pada massa benda dan bahan penyusun benda. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Keterangan :

Q = Kalor yang diserap dan dilepaskan (J)

m = Massa zat (kg)

ΔT = Perubahan suhu (°C)

c = Kalor jenis (J/kg°C)

b) Kapasitas Kalor

Kapasitas kalor adalah banyaknya energy yang diberikan dalam bentuk kalor untuk menaikkan suhu benda sebesar satu derajat. Kapasitas kalor dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \text{ atau } Q = C \cdot \Delta T$$

Keterangan:

Q = Kalor yang diserap dan dilepaskan (J)

ΔT = Perubahan suhu (°C)

C = Kapasitas kalor (J/°C)

Berdasarkan persamaan di atas, maka kapasitas kalor dapat juga dirumuskan:

$$C = m \cdot c$$

Keterangan:

C = Kapasitas kalor (J/°C)

m = Massa zat (kg)

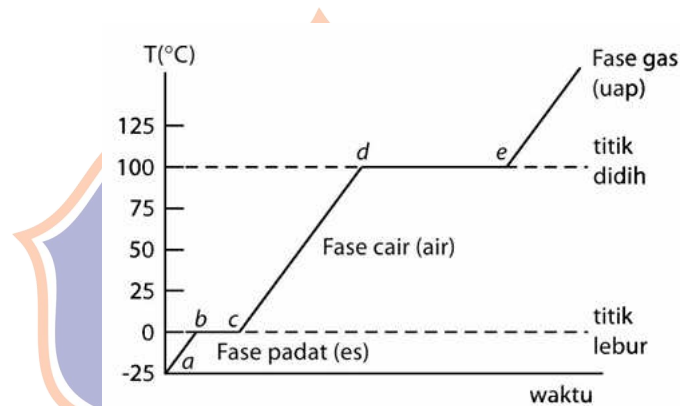
c = Kalor jenis (J/kg°C)

(2) Perubahan Wujud Benda

Perubahan wujud benda adalah salah satu bentuk terjadinya gejala perubahan pada suatu benda menjadi berbeda wujud dari sebelumnya, baik ukuran, bentuk, warna, dan aroma atau bau yang berubah. Macam-macam perubahan wujud benda yaitu:

a) Melebur

Melebur atau mencair adalah perubahan wujud zat dari zat padat menjadi zat cair yang terjadi ketika suatu zat menyerap kalor. Titik lebur adalah suhu zat ketika melebur, sebagai contoh pada kondisi lingkungan kita yaitu es melebur menjadi cair pada suhu 0°C sehingga titik lebur es $= 0^{\circ}\text{C}$. Kalor yang diperlukan 1 kg zat untuk melebur disebut kalor lebur. Persamaan untuk menentukan kalor lebur dirumuskan:



Gambar 3. Proses melebur

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Dipergunakan untuk proses yang tidak mengalami perubahan wujud

$$L = \frac{Q}{m} \text{ atau } Q = m \cdot L$$

Dipergunakan untuk proses yang mengalami perubahan wujud

Keterangan:

Q = Kalor (J)

m = Massa (kg)

L = Kalor laten (J/kg)

Contoh Soal:

Jika titik lebur es 0°C , kalor jenis es $0,5 \text{ kal/g}^{\circ}\text{C}$, kalor jenis air $1 \text{ kal/gr}^{\circ}\text{C}$, kalor lebur es 80 kal/g , maka kalor yang diperlukan untuk melebur 1 kg es pada suhu -2°C adalah.....

Pembahasan:

Tahap pertama menurunkan suhu es dari -2°C :

$$\begin{aligned} Q_1 &= m \cdot c_{es} \cdot \Delta T \\ &= 1000 \cdot 0,5 \cdot (0 - (-2)) \\ &= 1000 \text{ kalori} \end{aligned}$$

Tahap kedua meleburkan es pada suhu 0°C :

$$\begin{aligned} Q_1 &= m \cdot L \\ &= 1000 \cdot 80 \\ &= 80.000 \text{ kalori} \end{aligned}$$

Jadi, kalori yang dibutuhkan adalah:

$$\begin{aligned} Q_T &= Q_1 + Q_2 \\ &= 1000 + 80.000 \\ &= 81.000 \text{ kalori} \\ &= 8,1 \times 10^4 \text{ kalori} \end{aligned}$$

b) Membeku

Membeku yaitu perubahan wujud zat dari zat cair menjadi zat padat yang terjadi ketika suatu zat melepas kalor. Titik beku adalah suhu zat ketika membeku dan titik beku air pada kondisi lingkungan kita adalah 0°C . Contoh peristiwa pembekuan yang sering kita lihat dalam kehidupan sehari-hari adalah cair menjadi es. Kalor yang dilepaskan untuk membekukan 1 kg zat cair menjadi 1 kg zat padat pada titik leburnya disebut kalor beku.

c) Menguap

Menguap adalah perubahan wujud dari zat cair menjadi gas. Peristiwa ini terjadi karena peningkatan atau pemanasan suhu yang dialami benda tersebut. Contohnya air dimasak lama-lama akan habis, atau bensin yang dibuarkan di udara terbuka lama-lama habis menjadi uap. Kalor yang dibutuhkan untuk menguapkan sejumlah zat dapat diperoleh dengan persamaan:

$$Q = m \cdot K_u$$

Keterangan:

Q = Kalor ($\text{J}/^{\circ}\text{C}$)

m = massa (kg)

K_u = Kalor uap (J/kg)

d) Mengembun

Mengembun adalah perubahan wujud dari gas menjadi cair, contohnya adalah ketika kita menyimpan es batu dalam gelas maka bagian luar gelas akan basah, atau rumput di lapangan menjadi basah dipagi haripadahal malam harinya tidak hujan. Peristiwa ini terjadi karena adanya peningkatan suhu yang dialami oleh benda tersebut. Kalor yang dilepaskan untuk mengubah wujud 1 kg uap menjadi cair pada titik didihnya dinamakan kalor laten embun atau kalor embun.

(3) Asas Black

Asas Black adalah suatu prinsip dalam termodinamika yang dikemukakan oleh Joseph Black (1728 – 1799). Bunyi Asas Black sebagai berikut : *“Pada pencampuran dua zat, banyaknya kalor yang dilepas zat yang suhunya lebih tinggi sama dengan banyaknya kalor yang diterima zat yang suhunya lebih rendah”* Secara sederhana hukum kekekalan energi tersebut berbunyi banyak kalor yang diberikan sama dengan banyak kalor yang diterima. Dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$Q_{\text{terima}} = Q_{\text{lepas}}$$

Keterangan:

Q_{lepas} = Besar kalor yang diberikan (J)

Q_{terima} = Besar kalor yang diberikan (J)

Contoh:

Sepotong logam massanya 1 kg dan suhunya 80 °C dimasukkan ke dalam 2 kg air yang suhunya 20 °C. Setelah keadaan setimbang suhu campuran menjadi 23 °C. Bila kalor jenis air 1 kal/g °C maka massa jenis logam adalah.....

Pembahasan:

Asas Black

$$Q_{\text{terima}} = Q_{\text{lepas}}$$

$$m_a \cdot c_a \cdot \Delta T = m_L \cdot c_L \cdot \Delta T$$

$$m_a \cdot c_a \cdot (t_c - t_a) = m_L \cdot c_L \cdot (t_L - t_a)$$

$$(2000)(1)(23-20)=(1000)(c_L)(80-23)$$

$$c_L = \frac{6}{57}$$

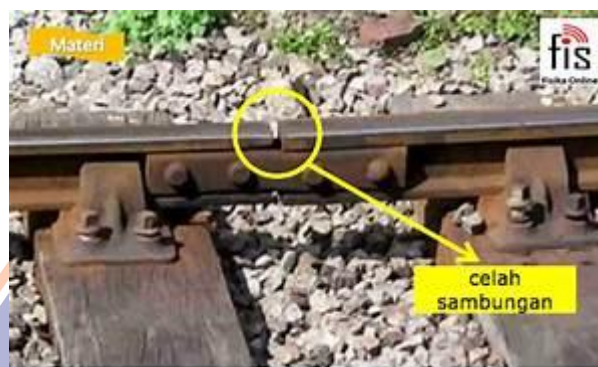
$$= 0,105 \text{ kal/gr}^\circ\text{C}$$

C. Pemuaian Zat

Pemuaian adalah peristiwa bertambahnya ukuran suatu benda akibat kenaikan suhu. Pemuaian dapat terjadi pada zat padat, cair, maupun gas. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya energi kinetik partikel-partikel penyusun zat sehingga jarak antarpartikel menjadi lebih besar.

(1) Pemuaian Zat Padat

Pada zat padat, pemuaian dapat berupa pertambahan panjang, luas, atau volume. Besarnya pemuaian dipengaruhi oleh ukuran awal benda, jenis bahan, dan besar perubahan suhu. Setiap bahan memiliki koefisien muai yang berbeda-beda.



Gambar 5. Pemuaian pada Rel Kereta Api

Besar pemuaian yang dialami suatu benda tergantung pada 3 hal, yaitu ukuran awal benda, karakteristik bahan, dan besar perubahan suhu benda. Koefisien muai panjang suatu zat adalah angka yang menunjukkan pertambahan panjang zat apabila suhunya dinaikkan 1°C . Koefisien muai zat dari beberapa zat adalah sebagai berikut:

a) Pemuaian Panjang



Gambar 6. Pemuaian Panjang Pada Tiang Listrik

Pemuaian panjang disebut juga dengan pemuaian linier. Pemuaian panjang

zat padat berlaku jika zat padat itu hanya dipandang sebagai satu dimensi (berbentuk garis). Pertambahan panjang pada zat padat dapat dirumuskan :

$$\Delta l = \alpha l_0 \Delta T$$

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta T}$$

Keterangan:

Δl = Pertambahan panjang batang (m)

l_0 = Panjang batang mula-mula (m)

ΔT = Perubahan suhu $^{\circ}\text{C}$

α = koefisien muai panjang $^{\circ}\text{C}^{-1}$

Panjang suatu zat padat setelah dipanaskan (l_t) dapat dirumuskan

$$l_t = l_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

Keterangan

l_t = Panjang batang pada suhu t (m)

l_0 = Panjang batang mula-mula (m)

ΔT = Perubahan suhu ($^{\circ}\text{C}$)

α = koefisien muai panjang ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)

b) Pemuaian Luas



Gambar 7. Pemuaian Luas pada Tiang Jendela

Untuk benda yang berbentuk lempeng (benda 2 dimensi) ketika dipanaskan akan terjadi pemuaian dalam arah panjang dan lebar, hal ini berarti lempeng tersebut mengalami pertambahan luas atau pemuaian luas. Pertambahan luas suatu benda dapat dirumuskan :

$$A_t = A_0 (1 + \beta \Delta T) \text{ karena } \beta = 2\alpha, \text{ jadi}$$

$$A_t = A_0 (1 + 2\alpha \Delta T)$$

Keterangan:

A_t = Luas bidang setelah dipanaskan (m^2)

A_0 = Luas bidang mula-mula (m^2)

ΔT = Perubahan suhu ($^{\circ}C$)

β = Koefisien muai luas ($^{\circ}C^{-1}$)

c) **Pemuaian Volume**

Zat padat yang mempunyai 3 dimensi (panjang, lebar dan tinggi) seperti bola dan balok, jika dipanaskan akan mengalami muai luas/volume. Pertambahan muai volume benda suatu benda dapat dirumuskan:

$$V_t = V_0 (1 + \gamma \Delta T) \text{ karena } \gamma = 3\alpha, \text{ jadi}$$

$$V_t = V_0 (1 + 3\alpha \Delta T)$$

Keterangan:

V_t = Luas bidang setelah dipanaskan (m^3)

V_0 = Luas bidang mula-mula (m^3)

ΔT = Perubahan suhu ($^{\circ}C$)

β = Koefisien muai ruang ($^{\circ}C^{-1}$)

(2) **Pemuaian Zat Cair**

Zat cair tidak memiliki bentuk tetap dan menyesuaikan dengan wadahnya. Oleh karena itu, pemuaian zat cair hanya ditinjau dari perubahan volumenya. Besar pemuaian volume zat cair dipengaruhi oleh koefisien muai volume zat tersebut. Pertambahan volume zat cair akibat pemuaian dirumuskan dengan persamaan berikut.

$$V_t = V_0 (1 + \gamma \Delta T)$$

Keterangan:

V_t = Luas bidang setelah dipanaskan (m^3)

V_0 = Luas bidang mula-mula (m^3)

ΔT = Perubahan suhu ($^{\circ}C$)

β = Koefisien muai ruang ($^{\circ}C^{-1}$)

(3) **Pemuaian Gas**

Seperti halnya benda padat, gas juga memuai jika dipanaskan. Pemuaian pada zat gas dapat terjadi ketika mengalami peningkatan suhu dan gas akan memuai. Sebagai contoh pemuaian gas akan terjadi ketika ban kendaraan terlalu penuh, maka ban tersebut ketika terkena suhu yang panas dapat meletus.

Hukum mengenai pemuaian gas dinyatakan oleh Gay Lussac yang berbunyi:

“Pada suhu dan tekanan yang sama, volume gas-gas yang bereaksi dan volume

gas- gas hasil reaksi berbanding sebagai bilangan bulat dan sederhana”. Secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_1 V_1}{T_1}$$

Keterangan:

P_1 = Tekanan mula-mula (Pa, atm atau N/m^2)

P_2 = Tekanan akhir (Pa, atm atau N/m^2)

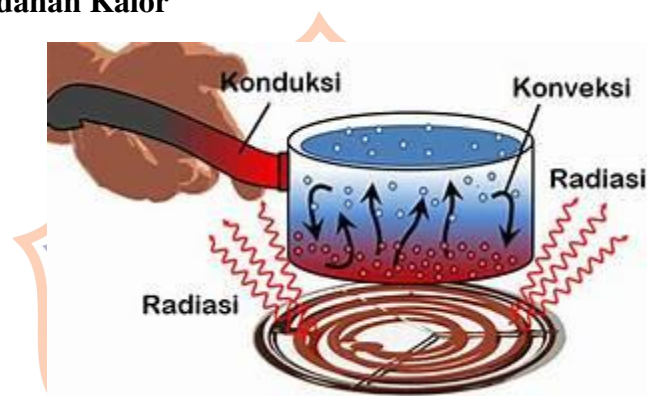
V_1 = Volume benda mula-mula (m^3)

V_2 = Volume benda akhir (m^3)

T_1 = Suhu mutlak mula-mula (K)

T_2 = Suhu mutlak akhir (K)

D. Perpindahan Kalor



Gambar 8. Konveksi, Radiasi dan Konveksi

Gambar di atas menunjukkan sebuah panci yang dipanaskan di atas api. Seketika panci yang sebelumnya dingin menjadi panas. Ini membuktikan adanya aliran kalor (panas) pada panci.

Kalor merupakan salah satu bentuk energi yang dapat berpindah dari satu tempat ke tempat lain. Kalor berpindah dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah. Perpindahan kalor dari suatu benda ke benda lain dapat melalui 3 cara, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

(1) Konduksi

Konduksi adalah perpindahan kalor yang tidak disertai dengan perpindahan partikel zat pengantarnya dan terjadi pada medium padat. Besarnya aliran kalor yang terjadi secara konduksi dapat dirunuskan sebagai berikut:

$$Q = \frac{k \cdot t \cdot A(T_1 - T_2)}{d} \text{ atau } H = \frac{k \cdot A \cdot \Delta T}{d}$$

Keterangan:

$H = \frac{Q}{t}$ = Kelajuan hantaran kalor (banyaknya kalor yang mengalir per satuan waktu)(J/s)

$\Delta T = (T_1 + T_2)$ = perbedaan suhu dua permukaan (K)

k = konduktivitas termal daya hantar panas (J/ms K)

A = Luas permukaan (m^2)

t = lamanya kalor mengalir (s)

d = tebal lapisan (m)

Contoh Soal:

Dua buah batang PQ dengan ukuran yang sama tetapi jenis logam beda diletakkan seperti gambar di bawah ini:



Jika koefisien konduksi termal P adalah dua kali koefisien konduksi termal Q maka suhu pada bisang batas P dan Q adalah.....

Pembahasan:

$$Q_P = Q_Q$$

$$\frac{k_P A_P \Delta T}{I_P} = \frac{k_Q A_Q \Delta T}{I_Q}$$

$$\frac{2k_P A_P (90 - t_R)}{I_P} = \frac{k_Q A_Q (t_R - 0)}{I_Q}$$

$$2(90 - t_R) = t_R$$

$$(180 - 2t_R) = t_R$$

$$(3t_R) = 180$$

$$t_R = \frac{180}{3}$$

$$t_R = 60^\circ\text{C}$$

(2) Konveksi

Saat kalian merebus air maka akan terjadi aliran (perpindahan) kalor dari air yang panas dibagian bawah dengan air yang dingin dibagian atas wadah, peristiwa perpindahan tersebut adalah konveksi.

Konveksi adalah perpindahan kalor yang disertai oleh perpindahan partikel-partikel zat dan terjadi pada medium gas dan cair. Contoh konveksi dalam kehidupan sehari-hari:

- Sistem ventilasi rumah
- Cerobong asap pabrik
- Angin laut dan angin darat

Laju perpindahan secara konveksi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$H = \frac{Q}{t} = h \cdot A \cdot \Delta T$$

Keterangan:

$H = \frac{Q}{t}$ = Kelajuan hantaran kalor (banyaknya kalor yang mengalir per satuan waktu) (J/s)

$\Delta T = (T_1 - T_2)$ = Perbedaan suhu dua permukaan (K)

k = Konduktivitas termal daya hantar panas (J/ms K)

A = Luas permukaan (m^2)

h = Koefisien konveksi (J/s, K)

(3) Radiasi



Gambar 9. Radiasi

Saat kalian berkumpul di sekitar api unggun, akan dirasakan panas dari api yang menyala, peristiwa ini disebut perpindahan secara radiasi. Radiasi adalah perpindahan kalor yang tidak memerlukan zat perantara. Contoh perpindahan kalor secara radiasi adalah perpindahan kalor dari matahari sampai ke bumi. Sedangkan laju radiasi dari permukaan suatu benda berbanding lurus dengan luas penampang, berbanding lurus dengan pangkat empat suhu mutlaknya dan bergantung sifat permukaan benda tersebut. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$H = Ae\sigma T^4$$

Keterangan:

$H = \frac{Q}{t}$ = Kelajuan hantaran kalor (banyaknya kalor yang mengalir per satuan

waktu) (J/s).

σ = Tetapan Stefan ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$).

A = Luas permukaan (m^2).

T = Suhu mutlak benda.

e = Emisitas bahan.





Lampiran 3.1.2 Lembar Kerja Peserta Didik

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

SUHU

FISIKA KELAS XI



Kelompok : _____

Anggota/absen :

_____	/
_____	/
_____	/
_____	/
_____	/

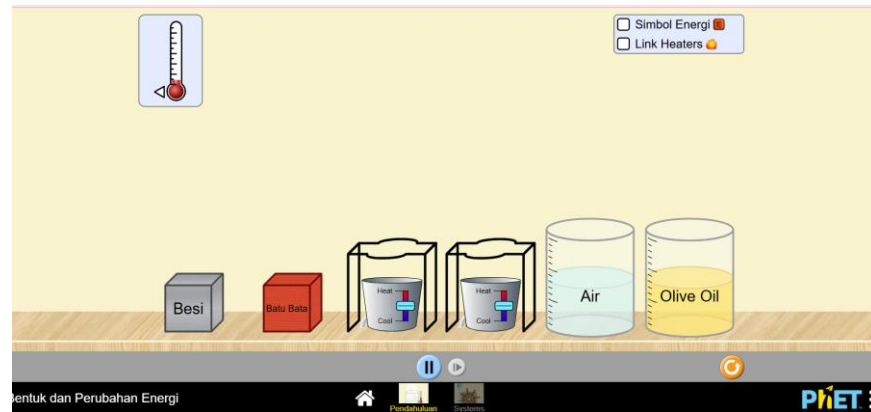


PETUNJUK PRAKTIKUM

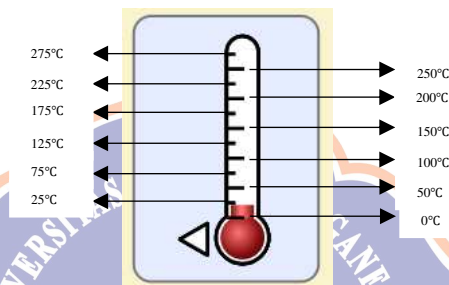
1. Lengkapi identitas setiap anggota kelompok.
2. Baca dan cermati setiap langkah-langkah yang terdapat pada LKPD yang disediakan bersama-sama dengan kelompok
3. Kerjakan dan diskusi setiap percobaan berdasarkan setiap langkah-langkah pada LKPD
4. Diskusikan dan analisis hasil percobaan yang dilakukan bersama dengan anggota kelompok
5. Presentasikan hasil yang telah didapatkan berdasarkan hasil percobaan, analisis, dan diskusi
6. Berikan tanggapan kepada kelompok yang melakukan presentasi.
7. Kumpulkan LKPD yang sudah dikerjakan pada guru

PENGUMPULAN DATA

- A. Judul Percobaan : Suhu dan Termometer
- B. Tujuan : Untuk mengetahui hubungan jumlah kalor (panas) terhadap kenaikan suhu suatu benda
- C. Alat dan bahan
 1. PC/Laptop/Handphone
 2. *PhET Simulation*
 3. Alat Tulis
- D. Langkah-langkah Percobaan
 1. Siapkan alat dan bahan yang digunakan untuk melaksanakan praktikum
 2. Buka *PhET Simulation* pada perangkat yang telah disiapkan melalui link ini:
 3. Setelah itu akan muncul tampilan seperti berikut



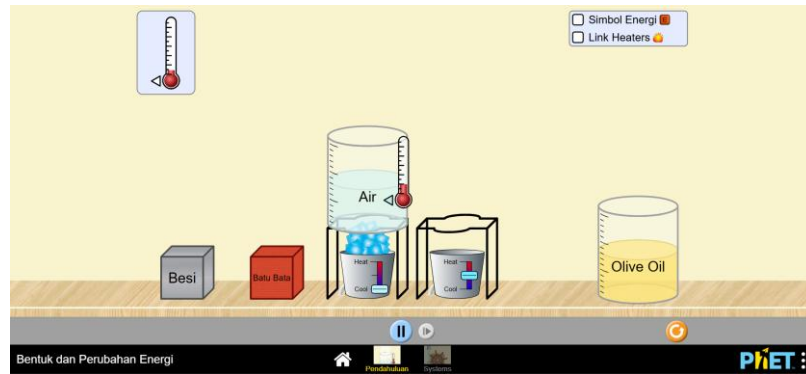
4. Kita asumsikan suhu pada termometer seperti gambar di bawah ini



5. Letakkan wadah yang berisi air di atas tungku
6. Nyalakan tungku selama (5 sekon, 10 sekon, 15 sekon) pada bagian heat/panas dan amati perubahan suhunya seperti berikut:



7. Setelah 5 sekon, turunkan tuas hingga menunjukkan cool selama 4 sekon (begitu juga pada suhu ketika dinaikkan 10 sekon dan 15 sekon, tetapi suhunya di normalkan terlebih dahulu menjadi 25°C)



8. Ulangilah langkah 5 sampai 7 dengan mengganti objek minyak, besi dan batu bata
9. Catat data yang diperoleh pada tabel data hasil pengamatan

Data Hasil Percobaan

Suhu awal(T_0) °C	Nama zat/benda	Waktu Pemanas (sekon)	Suhu akhir setelah dipanaskan	Waktu pendinginan	Suhu akhir setelah didinginkan °C
25°C	Air	5 sekon		4 sekon	
		10 sekon			
		15 sekon			
25°C	Minyak	5 sekon		4 sekon	
		10 sekon			
		15 sekon			
25°C	Besi	5 sekon		4 sekon	
		10 sekon			
		15 sekon			
25°C	Batu Bata	5 sekon		4 sekon	
		10 sekon			
		15 sekon			

PERTANYAAN

1. Tuliskan informasi yang diketahui dari percobaan tersebut dan apa yang ingin diketahui dari masalah tersebut.
2. Jelaskan fungsi termometer dalam percobaan tersebut serta konsep suhu yang diukur pada setiap benda.
3. Tentukan perubahan suhu (ΔT) yang terjadi pada masing-masing benda setelah dipanaskan selama 10 sekon.
4. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, benda manakah yang mengalami kenaikan suhu paling besar? Jelaskan alasanmu.
5. Jika percobaan yang sama dilakukan menggunakan termometer Fahrenheit, tentukan suhu besi (45°C) dalam skala Fahrenheit dan jelaskan langkah penyelesaiannya

JAWABAN

KESIMPULAN

UJI PEMAHAMAN

Pada suatu percobaan, suhu awal air adalah 25°C . Setelah dipanaskan selama beberapa detik menggunakan pemanas pada simulasi PhET, suhu air meningkat menjadi 35°C .

- Tentukan perubahan suhu (ΔT) yang terjadi pada air tersebut.
- Jika suhu tersebut diubah ke dalam skala Fahrenheit, berapakah nilai suhunya?

UNDIKSHA



LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

KALOR

FISIKA KELAS XI



Kelompok : _____

Anggota/absen :

_____ /

_____ /

_____ /

_____ /

PETUNJUK PRAKTIKUM

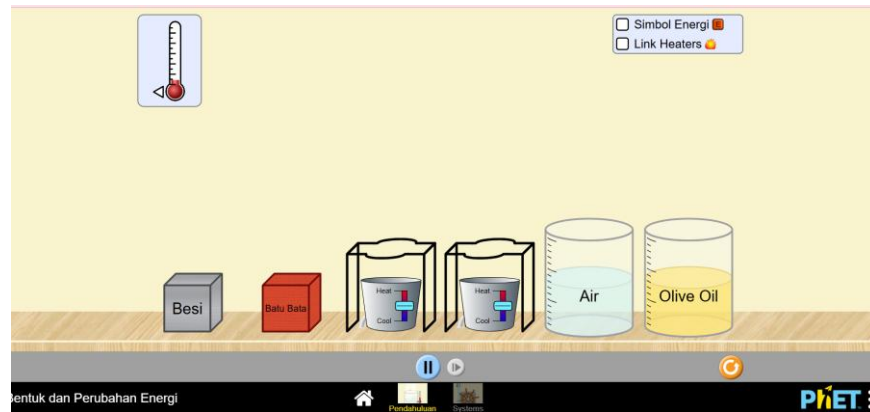
_____ /



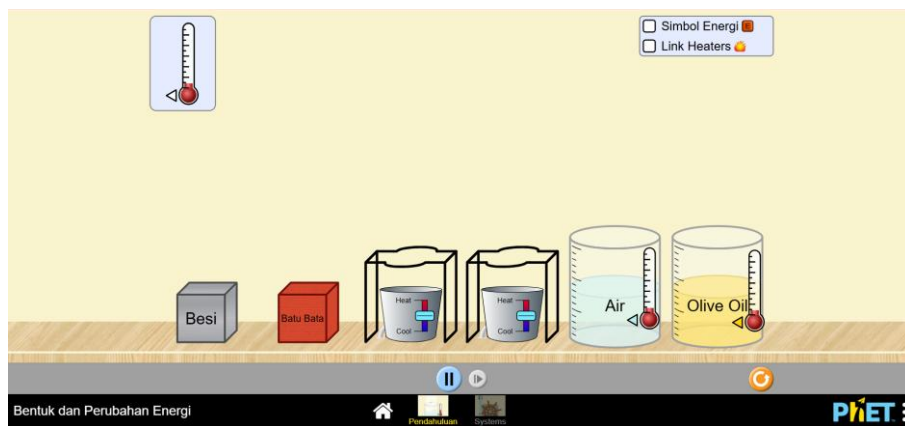
1. Lengkapilah identitas setiap anggota kelompok
2. Baca dan cermati setiap langkah-langkah yang terdapat pada LKPD yang disediakan bersama-sama dengan kelompok
3. Kerjakan dan diskusi setiap percobaan berdasarkan setiap langkah-langkah pada LKPD
4. Diskusikan dan analisis hasil percobaan yang dilakukan bersama dengan anggota kelompok
5. Presentasikan hasil yang telah didapatkan berdasarkan hasil percobaan, analisis, dan diskusi
6. Berikan tanggapan kepada kelompok yang melakukan presentasi.
7. Kumpulkan LKPD yang sudah dikerjakan pada guru

PENGUMPULAN DATA

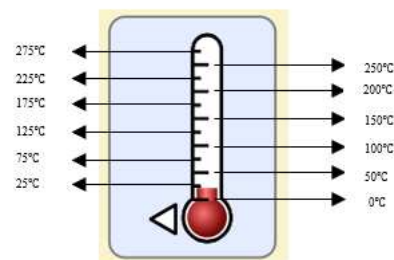
- A. Judul Percobaan : Percobaan kalor dan Asas Black
- B. Tujuan : Untuk memahami konsep kalor dan Asas Black
- C. Alat dan bahan
 1. PC/Laptop/Handphone
 2. *PhET Simulation*
 3. Alat Tulis
- D. Langkah-langkah Percobaan
 1. Siapkan alat dan bahan yang digunakan untuk melaksanakan praktikum
 2. Buka *PhET Simulation* pada perangkat yang telah disiapkan melalui link ini: https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_in.html
 3. Setelah itu akan muncul tampilan seperti berikut



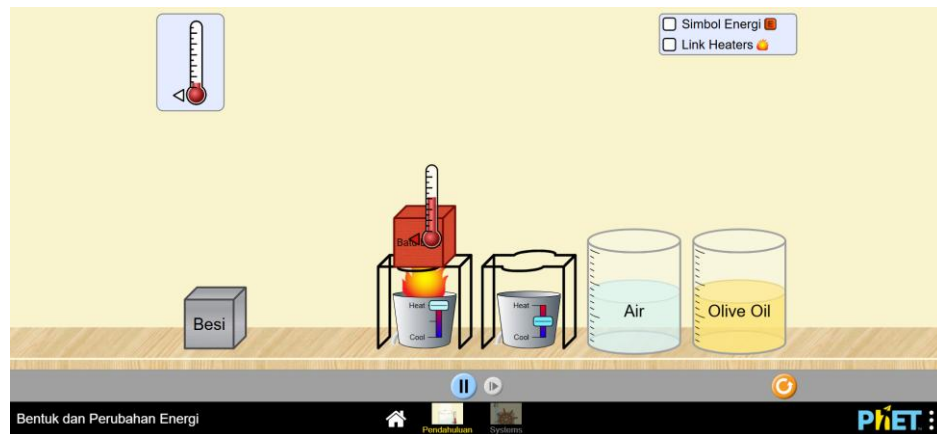
4. Klik dan tarik termometer ke dalam wadah yang berisi air dan minyak tersebut seperti pada gambar!



5. Asumsikan skala termometer seperti gambar di bawah



6. Letakkan batu bata di atas tungku dan termometer letakkan pada batu bata
7. Nyalakan tungku pada bagian heat/panas selama 15 detik dan amati perubahan suhunya seperti berikut:



8. Masukkan batu bata ke dalam air kemudian catat suhu kesetimbangannya air dan batu bata
9. Ulangi langkah 6-8 namun air digantikan dengan minyak
10. Ulangi langkah 6-9 namun batu bata digantikan dengan bata
11. Amati apa yang terjadi dan catat lah hasil pengamatan pada tabel berikut!

Data Hasil Percobaan

1. PEMANASAN BATU BATA

Medium	Massa logam	Waktu pemanasan	Suhu besi setelah dipanaskan	Suhu Campuran (T_c)	Suhu awal Medium (T_0) °C	Suhu campuran (T_c)	Kalor jenis Batu bata	Kalor jenis medium
Air	8 kg	sekon						4200
Minyak	8 kg	sekon						2100

2. PEMANASAN BESI

Medium	Massa logam	Waktu pemanasan	Suhu besi setelah dipanaskan	Suhu campuran (T_c)	Suhu awal Medium (T_0) °C	Suhu campuran (T_c)	Kalor jenis Besi	Kalor jenis medium
Air	8 kg	sekon						4200
Minyak	8 kg	sekon						2100

PENGOLAHAN DATA

1. Tuliskan hubungan antara kalor (Q), massa (m), kalor jenis (c), dan perubahan suhu (ΔT)!
2. Jika massa semua zat dianggap sama, faktor apa yang mempengaruhi besar kecilnya perubahan suhu?
3. Tentukan zat yang memiliki kalor jenis paling besar dan paling kecil berdasarkan data percobaan!
4. Jelaskan hubungan antara kalor jenis dengan kenaikan suhu!
5. Apakah hasil percobaan sesuai dengan teori? Berikan alasan ilmiah!

JAWABAN

KESIMPULAN

UJI PEMAHAMAN

1. Mengapa minyak mengalami kenaikan suhu lebih besar dibandingkan air ketika dipanaskan dengan waktu dan sumber kalor yang sama? Jelaskan berdasarkan konsep kalor jenis!
2. Dua panci berisi air dengan volume berbeda dipanaskan dengan kompor yang sama dalam waktu yang sama. Panci mana yang lebih cepat mengalami kenaikan suhu? Jelaskan alasanmu!
3. Mengapa suhu besi panas dan air dingin menjadi sama setelah dicampurkan? Jelaskan berdasarkan prinsip Asas Black!



LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

PERPINDAHAN KALOR

FISIKA KELAS XI



Kelompok : _____

Anggota/absen :

_____/

_____/

_____/

_____/

_____/

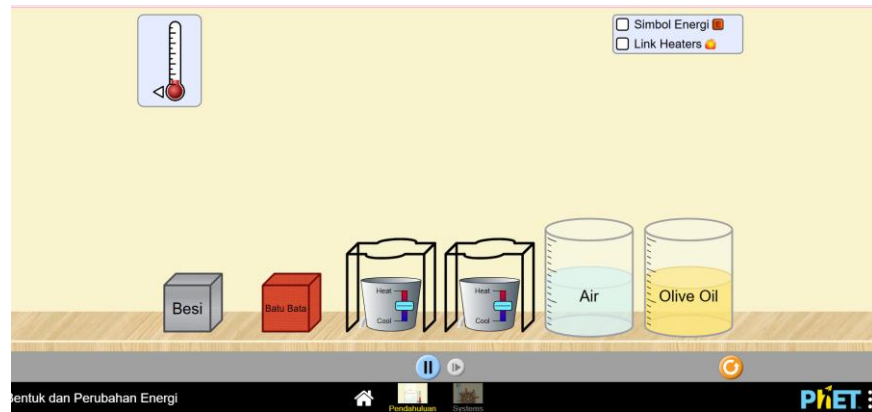


PETUNJUK PRAKTIKUM

1. Lengkapi identitas setiap anggota kelompok.
2. Baca dan cermati setiap langkah-langkah yang terdapat pada LKPD yang disediakan bersama-sama dengan kelompok
3. Kerjakan dan diskusi setiap percobaan berdasarkan setiap langkah-langkah pada LKPD
4. Diskusikan dan analisis hasil percobaan yang dilakukan bersama dengan anggota kelompok
5. Presentasikan hasil yang telah didapatkan berdasarkan hasil percobaan, analisis, dan diskusi
6. Berikan tanggapan kepada kelompok yang melakukan presentasi.
7. Kumpulkan LKPD yang sudah dikerjakan pada guru

PENGUMPULAN DATA

- A. Judul Percobaan : Percobaan perpindahan kalor
- B. Tujuan : Untuk memahami perpindahan kalor secara konveksi, konduksi dan radiasi
- C. Alat dan bahan
 1. PC/Laptop/Handphone
 2. *PhET Simulation*
 3. Alat Tulis
- D. Langkah-langkah Percobaan
 1. Siapkan alat dan bahan yang digunakan untuk melaksanakan praktikum
 2. Buka *PhET Simulation* pada perangkat yang telah disiapkan melalui link ini: https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_in.html
 3. Setelah itu akan muncul tampilan seperti berikut



4. Klik dan tarik termometer ke dalam wadah yang berisi air dan minyak tersebut seperti pada gambar!



5. Letakkan wadah yang berisi air dan minyak pada masing-masing tungku
6. Nyalakan tungku pada bagian heat/panas dan amati perubahan suhunya seperti berikut:



7. Catat data yang diperoleh pada tabel pengamatan
12. Ulangi langkah-langkah diatas pada benda atau zat lain seperti bata dan besi

Data Hasil Percobaan

Percobaan Ke-	Nama Zat/Benda	Jumlah Energi Panas Pada Benda	
		Sebelum Dipanaskan	Setelah Dipanaskan
1	Air		
2	Minyak		
3	Batu Bata		
4	Besi		

* Untuk jumlah energi, jawab dengan sedikit, cukup banyak dan sangat banyak

PENGOLAHAN DATA

1. Identifikasi jenis perpindahan kalor (konduksi, konveksi, radiasi) yang terjadi pada setiap benda!
2. Jelaskan perbedaan mekanisme perpindahan kalor pada zat padat dan zat cair berdasarkan hasil percobaan!
3. Evaluasi apakah hasil percobaan sesuai dengan teori perpindahan kalor? Jelaskan alasanmu!

JAWABAN

KESIMPULAN

UJI PEMAHAMAN

1. Mengapa panas dapat berpindah dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah?
2. Pada pemanasan air, mengapa air dapat bergerak naik dan turun? Jelaskan!
3. Mengapa gagang panci ikut panas saat panci dipanaskan? Jelaskan jenis perpindahan kalor yang terjadi!
4. Bagaimana panas dari matahari dapat sampai ke bumi tanpa melalui zat perantara? Jelaskan!
5. Dalam kehidupan sehari-hari, berikan contoh peristiwa konduksi, konveksi, dan radiasi serta jelaskan perbedaannya!



Lampiran 3. 2 Modul Ajar Kelompok Kontrol

MODUL AJAR

A. Identitas Umum

Nama Penyusun	: Natasya Cornelia Br Ginting
Sekolah	: SMAN 3 Singaraja
Tahun	: 2026
Mata Pelajaran	Fisika
Kelas/Semester	: XI/Genap
Materi Pokok	: Suhu dan Kalor
Alokasi Waktu	: 8 x 40 menit (3x pertemuan)
Model pembelajaran	: <i>Direct Instruction</i> (DI)

B. Capaian Pembelajaran

Pada akhir pembelajaran, peserta didik mampu memahami dan menganalisis konsep suhu dan kalor meliputi pengertian suhu, pengukuran suhu, kalor sebagai energi, perubahan suhu dan wujud zat, serta mekanisme perpindahan kalor (konduksi, konveksi, dan radiasi). Peserta didik mampu mengaitkan konsep-konsep tersebut dengan fenomena dan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari, serta menggunakan penalaran ilmiah untuk menjelaskan, merancang, dan mengevaluasi solusi terhadap masalah yang berkaitan dengan suhu dan kalor secara mandiri dan kolaboratif.

C. Tujuan Pembelajaran

Menerapkan konsep kalor dan perpindahan kalor serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari, melakukan analisis melalui penyelidikan tentang kalor dan mempresentasikan hasil analisisnya

D. Profil Pelajar Pancasila

1. Bernalar Kritis
2. Mandiri
3. Gotong royong

E. Sarana dan Prasarana

1. Sarana : LKPD, buku ajar, dan PPT
2. Prasarana : Internet, handphone/laptop, dan proyektor

F. Materi Pembelajaran

No	Pertemuan	Materi
	Pertemuan 1	Materi Ajar Suhu
	Pertemuan 2	Materi Ajar Kalor
	Pertemuan 3	Materi Ajar Perpindahan Kalor

G. Kegiatan Pembelajaran

Pertemuan 1 (2 x 40 menit)
Materi Ajar Suhu
Kegiatan Pembelajaran
Pendahuluan (15 menit)
Menyampaikan tujuan dan mempersiapkan peserta didik 1) Guru mengkondisikan peserta didik untuk siap mengikuti pembelajaran yang akan dilakukan 2) Guru membuka pembelajaran dengan mengucapkan salam dan mengecek kehadiran peserta didik serta mengawali kegiatan pembelajaran dengan berdoa bersama sesuai kepercayaan masing-masing 3) Guru bersama peserta didik mengingat kembali materi pada pertemuan sebelumnya 4) Guru menyampaikan tujuan pembelajaran dan kegiatan apa yang akan dilakukan pada hari itu
Kegiatan Inti (24 menit)
Mendemonstrasikan pengetahuan dan keterampilan 1) Peserta didik mengamati video simulasi dan demonstrasi untuk mendefinisikan suhu dan pemuain pada berbagai zat 2) Guru menilai keterampilan peserta didik dalam mengamati 3) Guru menilai keterampilan kesempatan dan memberikan dorongan kepada seluruh peserta didik untuk mengajukan pertanyaan 4) Guru bersama dengan peserta didik melakukan diskusi mengenai pengertian dan perbedaan suhu dengan temperatur 5) Guru bersama dengan peserta didik melakukan diskusi tentang berbagai jenis termometer serta cara mengkonversi skalanya

- 6) Guru bersama peserta didik melakukan diskusi mengenai pemuatan pada berbagai zat

Membimbing pelatihan

- 1) Guru membagi peserta didik kedalam beberapa kelompok, dan setiap kelompok akan diberikan kartu soal yang berbeda-beda
- 2) Peserta didik melakukan diskusi secara berkelompok untuk menyelesaikan permasalahan soal yang berkaitan dengan konversi suhu dan pemuatan pada zat
- 3) Setiap perwakilan kelompok menjelaskan hasil dari diskusi yang telah dilakukan dengan kelompoknya masing-masing
- 4) Peserta didik dalam kelompok yang lain menanggapi
- 5) Guru menanggapi hasil diskusi yang telah dilakukan oleh peserta didik dan memberi jawaban atau informasi yang tepat untuk memberikan penguatan pemahaman

Penutup (20 menit)

Mengecek pemahaman dan memberi umpan balik

- 1) Guru menanyakan kepada siswa mengenai review materi pada pembelajaran yang telah dilakukan
- 2) Peserta didik bersama guru menyimpulkan hasil pembelajaran pada pertemuan ini

Memberi kesempatan untuk pelatihan untuk pelatihan lanjutan dan penerapan

- 1) Guru memberikan tugas kepada peserta didik untuk dikerjakan secara mandiri
- 2) Guru menyampaikan informasi kegiatan pada pertemuan berikutnya, yaitu belajar tentang materi kalor jenis, kapasitas kalor dan asas black
- 3) Guru dan peserta didik secara bersama menutup pelajaran dengan berdoa bersama dan mengucapkan salam

Pertemuan 2 (3x40 menit)

Materi Ajar Kalor

Kegiatan Pembelajaran

Pendahuluan (15 menit)

Menyampaikan tujuan dan mempersiapkan siswa

1. Guru mengkondusikan peserta didik untuk siap mengikuti pembelajaran yang akan dilakukan
2. Guru membuka pelajaran dengan mengucapkan salam dan mengecek kehadiran peserta didik serta mengawali kegiatan pembelajaran dengan berdoa bersama sesuai kepercayaan masing-masing
3. Guru bersama siswa mengingat kembali materi sesuai dengan KD pada pertemuan sebelumnya
4. Guru menyampaikan tujuan pembelajaran dan kegiatan apa yang akan dilakukan pada hari itu.

Inti Pembelajaran (85 menit)

Mendemonstrasikan pengetahuan dan keterampilan

- 1) Peserta didik mengamati video simulasi dan demonstrasi tentang berbagai benda yang dipanaskan untuk mendefinisikan kalor jenis dan kapasitas kalor serta asas black
- 2) Guru menilai keterampilan peserta didik dalam mengamati
- 3) Guru memberikan kesempatan dan memberikan dorongan kepada seluruh peserta didik untuk mengajukan pertanyaan
- 4) Guru bersama dengan peserta didik melakukan diskusi mengenai kalor jenis dan kapasitas kalor
- 5) Guru bersama peserta didik melakukan diskusi tentang persamaan perubahan kalor
- 6) Guru bersama peserta didik melakukan diskusi mengenai bunyi dan persamaan dari asas black

Membimbing Pelatihan

- 1) Guru membagi peserta didik kedalam beberapa kelompok, dan setiap kelompok dan diberikan permasalahan
- 2) Peserta didik melakukan diskusi secara berkelompok untuk menyelesaikan permasalahan soal yang berkaitan dengan kalor jenis kapasitas kalor dan penerapan asas black untuk mengetahui suhu akhir campuran

- 3) Setiap perwakilan kelompok menjelaskan hasil dari diskusi yang telah dilakukan dengan kelompoknya masing-masing.
- 4) Peserta didik dalam kelompok yang lain menanggapi
- 5) Guru menanggapi hasil diskusi yang telah dilakukan oleh peserta didik dan memberi jawaban atau informasi yang tepat untuk memberikan penguatan pemahaman

Penutup (20 menit)

Mengecek Pemahaman dan Umpan Balik

- 1) Guru menanyakan kepada siswa mengenai review materi pada pembelajaran yang telah dilakukan
- 2) Peserta didik bersama guru menyimpulkan hasil pembelajaran pada pertemuan ini

Memberi kesempatan Pelatihan Lanjutan dan Penerapan

- 1) Guru memberikan tugas kepada peserta didik untuk dikerjakan secara mandiri
- 2) Guru menyampaikan informasi kegiatan pada pertemuan berikutnya, yaitu belajar tentang materi perpindahan kalor dan mengerjakan posttest
- 3) Guru dan peserta didik secara bersama menutup pelajaran dengan berdoa bersama dan mengucapkan salam

Pertemuan 3 (2 x 45 menit)

Materi Ajar Perpindahan Kalor

Kegiatan Pembelajaran

Pendahuluan (15 menit)

Menyampaikan Tujuan dan Mempersiapkan Siswa

- 1) Guru mengkondisikan peserta didik untuk siap mengikuti pembelajaran yang akan dilakukan
- 2) Guru membuka pembelajaran dengan mengucapkan salam dan mengecek kehadiran peserta didik serta mengawali kegiatan pembelajaran dengan berdoa bersama sesuai kepercayaan masing-masing
- 3) Guru bersama peserta didik mengingat kembali materi pada pertemuan sebelumnya

- 4) Guru menyampaikan tujuan pembelajaran dan kegiatan apa yang akan dilakukan pada hari itu

Kegiatan Inti (45 menit)

Mendemonstrasikan Pengetahuan dan Keterampilan

- 1) Peserta didik mengamati video demonstrasikan untuk mendefinikan konsep perpindahan kalor secara konduksi, konveksi dan radiasi
- 2) Guru menilai keterampilan peserta didik dalam mengamati
- 3) Guru memberikan kesempatan dan memberikan dorongan kepada seluruh peserta didik untuk mengajukan pertanyaan
- 4) Guru bersama peserta didik melakukan diskusi mengenai konsep perpindahan kalor secara konduksi, konveksi dan radiasi
- 5) Guru bersama dengan peserta didik melakukan diskusi tentang persamaan konduksi, konveksi dan radiasi
- 6) Guru bersama peserta didik melakukan diskusi mengenai contoh perpindahan kalor dalam kehidupan sehari-hari

Membimbing Pelatihan

- 1) Guru membagi peserta didik kedalam beberapa kelompok, setiap kelompok akan diberikan permasalahan terkait dengan perpindahan kalor
- 2) Peserta didik melakukan diskusi secara berkelompok untuk menyelesaikan permasalahan soal yang berkaitan dengan perpindahan kalor secara konduksi, konveksi dan radiasi.
- 3) Setiap perwakilan kelompok menjelaskan hasil dari diskusi yang telah dilakukan dengan kelompoknya masing-masing.
- 4) Peserta didik dalam kelompok yang lain menanggapi
- 5) Guru menanggapi hasil diskusi yang telah dilakukan oleh peserta didik dan memberi jawaban atau informasi yang tepat untuk memberikan penguatan pemahaman

Penutup (20 menit)

Mengecek Pemahaman Dan Umpan Balik

- 1) Guru menanyakan kepada siswa mengenai review materi pada pembelajaran yang telah dilakukan

- 2) Peserta didik bersama guru menyimpulkan hasil pembelajaran pada pembelajaran pada pertemuan ini.

Memberi Kesempatan Pelatihan Lanjutan dan penerapan

- 1) Guru dan peserta didik secara bersama menutup pelajaran dengan berdoa bersama dan mengucapkan salam

H. Asesmen

Penilaian hasil belajar dilakukan selama proses pembelajaran melalui tes lisan atau kuis dan tes formatif. Penilaian keterampilan proses dilakukan selama proses pembelajaran melalui presentasi atau penilaian portofolio.

I. Refleksi Guru

No	Petanyaan	Jawaban
1.	Apakah kegiatan membuka pembelajaran bisa mempersiapkan dan mengarahkan siswa untuk mengikuti pembelajaran dengan baik?	
2.	Apakah cara penyampaian materi dapat diterima dengan baik oleh peserta didik?	
3.	Apakah peserta didik memberikan respon positif terhadap pertanyaan-pertanyaan yang diberikan?	
4.	Apakah pelaksanaan pembelajaran hari ini dapat memberikan semangat kepada peserta didik untuk lebih antusias dalam pembelajaran selanjutnya	

J. Refleksi Siswa

No	Pertanyaan	Ya	Tidak
1.	Apakah kalian sudah mengikuti proses pembelajaran dari awal sampai akhir dengan baik?		
2.	Apakah kalian sudah memahami materi yang diajarkan dengan baik?		
3.	Apakah kalian mengalami kesulitan saat mengikuti		

	proses pembelajaran?		
4.	Apakah pelaksanaan pembelajaran yang dilakukan hari ini, membuat kalian lebih semangat dan antusias untuk menerima pembelajaran dipertemuan berikutnya?		

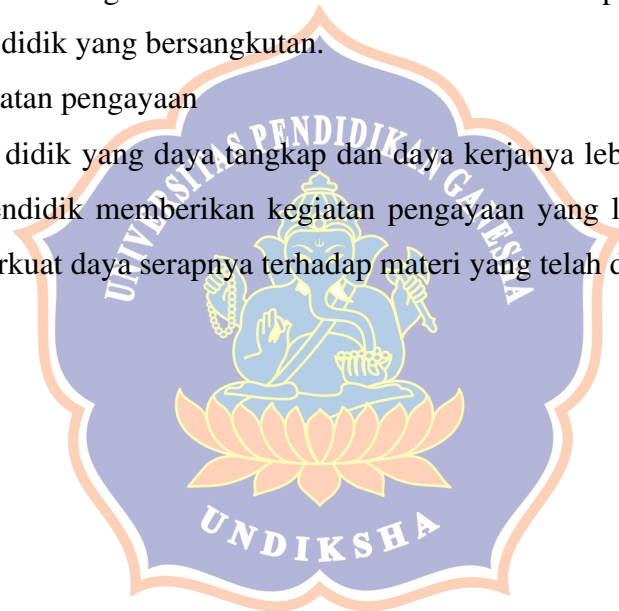
K. Remedial dan Pengayaan

1) Kegiatan remedial

Peserta didik yang hasil belajarnya belum mencapai target pendidik melakukan pengulangan materi dengan pendekatan yang lebih individual dan memberikan tugas individual tambahan untuk memperbaiki hasil belajar peserta didik yang bersangkutan.

2) Kegiatan pengayaan

Peserta didik yang daya tangkap dan daya kerjanya lebih dari peserta didik lain, pendidik memberikan kegiatan pengayaan yang lebih menantang dan memperkuat daya serapnya terhadap materi yang telah dipelajari



Lampiran 3.2.1 Materi Ajar

MATERI

Panas dan dingin sering kita rasakan dalam kehidupan sehari-hari. Namun, apakah sensasi tersebut dapat langsung diartikan sebagai suhu? Lalu, bagaimana hubungan antara suhu dan kalor?. Selain itu, mengapa benda dapat memuai ketika dipanaskan? Untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut, kita perlu mempelajari konsep suhu dan kalor secara lebih mendalam.

SUHU DAN KALOR

A. Suhu dan Termometer

Suhu merupakan besaran fisika yang menyatakan tingkat panas atau dinginnya suatu benda. Untuk mengukur suhu, digunakan alat yang disebut termometer. Termometer bekerja dengan memanfaatkan perubahan sifat fisik suatu zat akibat perubahan suhu, yang dikenal sebagai sifat termometrik.

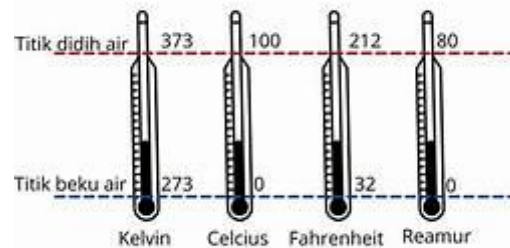
Terdapat berbagai jenis termometer, seperti termometer analog yang menunjukkan suhu melalui skala, serta termometer digital yang menampilkan angka suhu secara langsung. Keduanya berfungsi untuk menentukan suhu suatu benda atau lingkungan.



Gambar 1. Termometer

Beberapa skala suhu yang umum digunakan antara lain Celsius, Fahrenheit, Reamur, dan Kelvin. Skala Celsius memiliki titik beku air pada 0°C dan titik didih

pada 100°C. Skala Reamur memiliki titik beku 0°R dan titik didih 80°R. Skala Fahrenheit menetapkan titik beku air pada 32°F dan titik didih pada 212°F. Sementara itu, skala Kelvin merupakan skala suhu mutlak yang dimulai dari 0 K, dengan titik beku air berada pada 273 K.



Gambar 2. Skala Suhu

Hubungan antar skala suhu tersebut dapat dinyatakan melalui persamaan konversi antara Celsius dengan Fahrenheit, Reamur, dan Kelvin.

4. Hubungan antara C dan F

$$T^{\circ}\text{F} = \left(\frac{9}{5}T^{\circ}\text{C} + 32\right)^{\circ}\text{F} \text{ atau } T^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(T^{\circ}\text{F} - 32)$$

5. Hubungan antara C dan R

$$T^{\circ}\text{R} = \frac{4}{5}T^{\circ}\text{C} \text{ atau } T^{\circ}\text{C} = \frac{5}{4}T^{\circ}\text{R}$$

6. Hubungan antara C dan K

$$T = (T^{\circ}\text{C} + 273)\text{K}$$

B. Kalor

merupakan energi yang berpindah dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah hingga tercapai keseimbangan termal. Satu kalori didefinisikan sebagai banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 gram air sebesar 1 °C. Satuan kalor dalam sistem internasional adalah joule (J), sedangkan satuan kalori sering digunakan dalam konteks tertentu, dengan hubungan 1 kalori setara dengan sekitar 4,2 joule.

(1) Kalor Jenis dan Kapasitas Kalor

Kalor jenis suatu benda didefinisikan sebagai jumlah kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 kg suatu zat sebesar 1 K. Kalor jenis ini menunjukkan kemampuan suatu benda untuk menyerap kalor. Semakin besar kalor jenis suatu

benda, semakin besar pula kemampuan benda tersebut dalam menyerap kalor. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \text{ atau } c = \frac{Q}{m \Delta T}$$

Keterangan :

Q = Kalor yang diserap dan dilepaskan (J)

m = Massa zat (kg)

ΔT = Perubahan suhu (K)

c = Kalor jenis (J/kg°C)

a) Hubungan Kalor dengan Suhu Benda

Hubungan kalor dan suhu benda adalah makin besar kenaikan suhu suatu benda maka makin besar pula kalor yang diserapnya. Selain itu, kalor yang diserap benda juga bergantung pada massa benda dan bahan penyusun benda. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Keterangan :

Q = Kalor yang diserap dan dilepaskan (J)

m = Massa zat (kg)

ΔT = Perubahan suhu (°C)

c = Kalor jenis (J/kg°C)

b) Kapasitas Kalor

Kapasitas kalor adalah banyaknya energy yang diberikan dalam bentuk kalor untuk menaikkan suhu benda sebesar satu derajat. Kapasitas kalor dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \text{ atau } Q = C \cdot \Delta T$$

Keterangan:

Q = Kalor yang diserap dan dilepaskan (J)

ΔT = Perubahan suhu (°C)

C = Kapasitas kalor (J/°C)

Berdasarkan persamaan di atas, maka kapasitas kalor dapat juga dirumuskan:

$$C = m \cdot c$$

Keterangan:

C = Kapasitas kalor (J/°C)

m = Massa zat (kg)

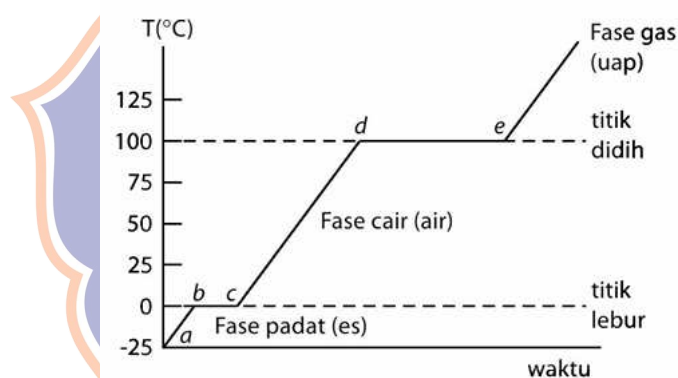
c = Kalor jenis ($J/kg^{\circ}C$)

(2) Perubahan Wujud Benda

Perubahan wujud benda adalah salah satu bentuk terjadinya gejala perubahan pada suatu benda menjadi berbeda wujud dari sebelumnya , baik ukuran, bentuk, warna, dan aroma atau bau yang berubah. Macam-macam perubahan wujud benda yaitu:

a) Melebur

Melebur atau mencair adalah perubahan wujud zat dari zat padat menjadi zat cair yang terjadi ketika suatu zat menyerap kalor. Titik lebur adalah suhu zat ketika melebur, sebagai contoh pada kondisi lingkungan kita yaitu es melebur menjadi cair pada suhu $0^{\circ}C$ sehingga titik lebur es $= 0^{\circ}C$. Kalor yang diperlukan 1 kg zat untuk melebur disebut kalor lebur. Persamaan untuk menentukan kalor lebur dirumuskan:



Gambar 3. Proses melebur

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Dipergunakan untuk proses yang tidak mengalami perubahan wujud

$$L = \frac{Q}{m} \text{ atau } Q = m \cdot L$$

Dipergunakan untuk proses yang mengalami perubahan wujud

Keterangan:

Q = Kalor (J)

m = Massa (kg)

L = Kalor laten (J/kg)

Contoh Soal:

Jika titik lebur es $0^{\circ}C$, kalor jenis es $0,5 \text{ kal/gr}^{\circ}C$, kalor jenis air $1 \text{ kal/gr}^{\circ}C$,

kalor lebur es 80 kal/g, maka kalor yang diperlukan untuk melebur 1 kg es pada suhu -2°C adalah.....

Pembahasan:

Tahap pertama menurunkan suhu es dari -2°C :

$$\begin{aligned} Q_1 &= m \cdot c_{es} \cdot \Delta T \\ &= 1000 \cdot 0,5 \cdot (0 - (-2)) \\ &= 1000 \text{ kalori} \end{aligned}$$

Tahap kedua meleburkan es pada suhu 0°C :

$$\begin{aligned} Q_1 &= m \cdot L \\ &= 1000 \cdot 80 \\ &= 80.000 \text{ kalori} \end{aligned}$$

Jadi, kalori yang dibutuhkan adalah:

$$\begin{aligned} Q_T &= Q_1 + Q_2 \\ &= 1000 + 80.000 \\ &= 81.000 \text{ kalori} \\ &= 8,1 \times 10^4 \text{ kalori} \end{aligned}$$

b) Membeku

Membeku yaitu perubahan wujud zat dari zat cair menjadi zat padat yang terjadi ketika suatu zat melepas kalor. Titik beku adalah suhu zat ketika membeku dan titik beku air pada kondisi lingkungan kita adalah 0°C . Contoh peristiwa pembekuan yang sering kita lihat dalam kehidupan sehari-hari adalah cair menjadi es. Kalor yang dilepaskan untuk membekukan 1 kg zat cair menjadi 1 kg zat padat pada titik leburnya disebut kalor beku.

c) Menguap

Menguap adalah perubahan wujud dari zat cair menjadi gas. Peristiwa ini terjadi karena peningkatan atau pemanasan suhu yang dialami benda tersebut. Contohnya air dimasak lama-lama akan habis, atau bensin yang dibuarkan di udara terbuka lama-lama habis menjadi uap. Kalor yang dibutuhkan untuk menguapkan sejumlah zat dapat diperoleh dengan persamaan:

$$Q = m \cdot K_u$$

Keterangan:

Q = Kalor (J°C)

m = massa (kg)

K_u = Kalor uap (J/kg)

d) Mengembun

Mengembun adalah perubahan wujud dari gas menjadi cair, contohnya adalah ketika kita menyimpan es batu dalam gelas maka bagian luar gelas akan basah, atau rumput di lapangan menjadi basah dipagi haripadahal malam harinya tidak hujan. Peristiwa ini terjadi karena adanya peningkatan suhu yang dialami oleh benda tersebut. Kalor yang dilepaskan untuk mengubah wujud 1 kg uap menjadi cair pada titik didihnya dinamakan kalor laten embun atau kalor embun.

(3) Asas Black

Asas Black adalah suatu prinsip dalam termodinamika yang dikemukakan oleh Joseph Black (1728 – 1799). Bunyi Asas Black sebagai berikut : *“Pada pencampuran dua zat, banyaknya kalor yang dilepas zat yang suhunya lebih tinggi sama dengan banyaknya kalor yang diterima zat yang suhunya lebih rendah”* Secara sederhana hukum kekekalan energi tersebut berbunyi banyak kalor yang diberikan sama dengan banyak kalor yang diterima. Dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$Q_{\text{terima}} = Q_{\text{lepas}}$$

Keterangan:

Q_{lepas} = Besar kalor yang diberikan (J)

Q_{terima} = Besar kalor yang diberikan (J)

Contoh:

Sepotong logam massanya 1 kg dan suhunya 80 °C dimasukkan ke dalam 2 kg air yang suhunya 20 °C. Setelah keadaan setimbang suhu campuran menjadi 23 °C. Bila kalor jenis air 1 kal/g °C maka massa jenis logam adalah.....

Pembahasan:

Asas Black

$$Q_{\text{terima}} = Q_{\text{lepas}}$$

$$m_a \cdot c_a \cdot \Delta T = m_L \cdot c_L \cdot \Delta T$$

$$m_a \cdot c_a \cdot (t_c - t_a) = m_L \cdot c_L \cdot (t_L - t_a)$$

$$(2000)(1)(23-20)=(1000)(c_L)(80-23)$$

$$c_L = \frac{6}{57}$$

$$= 0,105 \text{ kal/gr}^\circ\text{C}$$

C. Pemuaian Zat

Pemuaian adalah peristiwa bertambahnya ukuran suatu benda akibat kenaikan suhu. Pemuaian dapat terjadi pada zat padat, cair, maupun gas. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya energi kinetik partikel-partikel penyusun zat sehingga jarak antarpartikel menjadi lebih besar.

(1) Pemuaian Zat Padat

Pada zat padat, pemuaian dapat berupa pertambahan panjang, luas, atau volume. Besarnya pemuaian dipengaruhi oleh ukuran awal benda, jenis bahan, dan besar perubahan suhu. Setiap bahan memiliki koefisien muai yang berbeda-beda.



Gambar 4. Pemuaian pada Rel Kereta Api

Besar pemuaian yang dialami suatu benda tergantung pada 3 hal, yaitu ukuran awal benda, karakteristik bahan, dan besar perubahan suhu benda. Koefisien muai panjang suatu zat adalah angka yang menunjukkan pertambahan panjang zat apabila suhunya dinaikkan 1°C . Koefisien muai zat dari beberapa zat adalah sebagai berikut:

a) Pemuaian Panjang



Gambar 5. Pemuaian Panjang Pada Tiang Listrik

Pemuaian panjang disebut juga dengan pemuaian linier. Pemuaian panjang zat padat berlaku jika zat padat itu hanya dipandang sebagai satu dimensi (berbentuk garis). Pertambahan panjang pada zat padat dapat dirumuskan :

$$\Delta l = \alpha l_0 \Delta T$$

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta T}$$

Keterangan:

Δl = Pertambahan panjang batang (m)

l_0 = Panjang batang mula-mula (m)

ΔT = Perubahan suhu $^{\circ}\text{C}$

α = koefisien muai panjang $^{\circ}\text{C}^{-1}$

Panjang suatu zat padat setelah dipanaskan (l_t) dapat dirumuskan

$$l_t = l_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

Keterangan

l_t = Panjang batang pada suhu t (m)

l_0 = Panjang batang mula-mula (m)

ΔT = Perubahan suhu ($^{\circ}\text{C}$)

α = koefisien muai panjang ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)

b) Pemuaian Luas



Gambar 6. Pemuaian Luas pada Tiang Jendela

Untuk benda yang berbentuk lempeng (benda 2 dimensi) ketika dipanaskan akan terjadi pemuaian dalam arah panjang dan lebar, hal ini berarti lempeng tersebut mengalami pertambahan luas atau pemuaian luas. Pertambahan luas suatu benda dapat dirumuskan :

$$A_t = A_0 (1 + \beta \Delta T) \text{ karena } \beta = 2\alpha, \text{ jadi}$$

$$A_t = A_0 (1 + 2\alpha \Delta T)$$

Keterangan:

A_t = Luas bidang setelah dipanaskan (m^2)

A_0 = Luas bidang mula-mula (m^2)

ΔT = Perubahan suhu ($^{\circ}C$)

β = Koefisien muai luas ($^{\circ}C^{-1}$)

c) Pemuaian Volume

Zat padat yang mempunyai 3 dimensi (panjang, lebar dan tinggi) seperti bola dan balok, jika dipanaskan akan mengalami muai luas/volume. Pertambahan muai volume benda suatu benda dapat dirumuskan:

$$V_t = V_0 (1 + \gamma \Delta T) \text{ karena } \gamma = 3\alpha, \text{ jadi}$$

$$V_t = V_0 (1 + 3\alpha \Delta T)$$

Keterangan:

V_t = Luas bidang setelah dipanaskan (m^3)

V_0 = Luas bidang mula-mula (m^3)

ΔT = Perubahan suhu ($^{\circ}C$)

β = Koefisien muai ruang ($^{\circ}C^{-1}$)

(b) Pemuaian Zat Cair

Zat cair tidak memiliki bentuk tetap dan menyesuaikan dengan wadahnya. Oleh karena itu, pemuaian zat cair hanya ditinjau dari perubahan volumenya. Besar

pemuaian volume zat cair dipengaruhi oleh koefisien muai volume zat tersebut. Pertambahan volume zat cair akibat pemuaian dirumuskan dengan persamaan berikut.

$$V_t = V_0 (1 + \gamma \Delta T)$$

Keterangan:

V_t = Luas bidang setelah dipanaskan (m^3)

V_0 = Luas bidang mula-mula (m^3)

ΔT = Perubahan suhu ($^{\circ}C$)

β = Koefisien muai ruang ($^{\circ}C^{-1}$)

(c) Pemuaian Gas

Seperti halnya benda padat, gas juga memuai jika dipanaskan. Pemuaian pada zat gas dapat terjadi ketika mengalami peningkatan suhu dan gas akan memuai. Sebagai contoh pemuaian gas akan terjadi ketika ban kendaraan terlalu penuh, maka ban tersebut ketika terkena suhu yang panas dapat meletus.

Hukum mengenai pemuaian gas dinyatakan oleh Gay Lussac yang berbunyi: *“Pada suhu dan tekanan yang sama, volume gas-gas yang bereaksi dan volume gas-gas hasil reaksi berbanding sebagai bilangan bulat dan sederhana”*. Secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_1 V_1}{T_1}$$

Keterangan:

P_1 = Tekanan mula-mula (Pa, atm atau N/m^2)

P_2 = Tekanan akhir (Pa, atm atau N/m^2)

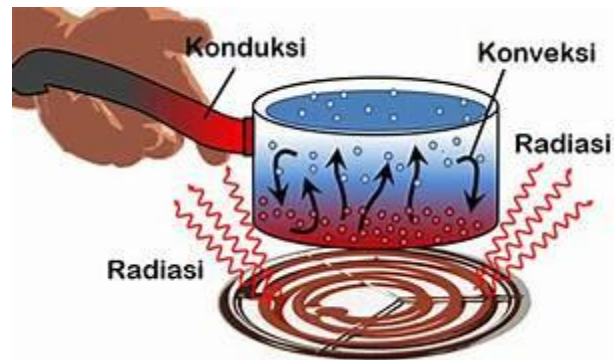
V_1 = Volume benda mula-mula (m^3)

V_2 = Volume benda akhir (m^3)

T_1 = Suhu mutlak mula-mula (K)

T_2 = Suhu mutlak akhir (K)

D. Perpindahan Kalor



Gambar 7. Konveksi, Radiasi dan Konveksi

Gambar di atas menunjukkan sebuah panci yang dipanaskan di atas api. Seketika panci yang sebelumnya dingin menjadi panas. Ini membuktikan adanya aliran kalor (panas) pada panci.

Kalor merupakan salah satu bentuk energi yang dapat berpindah dari satu tempat ke tempat lain. Kalor berpindah dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah. Perpindahan kalor dari suatu benda ke benda lain dapat melalui 3 cara, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

(1) **Konduksi**

Konduksi adalah perpindahan kalor yang tidak disertai dengan perpindahan partikel zat pengantarnya dan terjadi pada medium padat. Besarnya aliran kalor yang terjadi secara konduksi dapat dirunuskan sebagai berikut:

$$Q = \frac{k \cdot t \cdot A(T_1 + T_2)}{d} \text{ atau } H = \frac{k \cdot A \cdot \Delta T}{d}$$

Keterangan:

$H = \frac{Q}{t}$ = Kelajuan hantaran kalor (banyaknya kalor yang mengalir per satuan waktu)(J/s)

$\Delta T = (T_1 + T_2)$ = perbedaan suhu dua permukaan (K)

k = konduktivitas termal daya hantar panas (J/ms K)

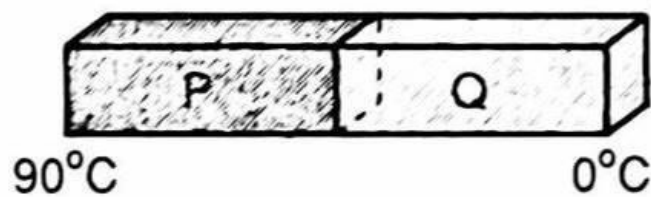
A = Luas permukaan (m^2)

t = lamanya kalor mengalir (s)

d = tebal lapisan (m)

Contoh Soal:

Dua buah batang PQ dengan ukuran yang sama tetapi jenis logam beda diletakkan seperti gambar di bawah ini:



Jika koefisien konduksi termal P adalah dua kali koefisien konduksi termal Q maka suhu pada bidang batas P dan Q adalah.....

Pembahasan:

$$Q_P = Q_Q$$

$$\frac{k_P A_P \Delta T}{l_P} = \frac{k_Q A_Q \Delta T}{l_Q}$$

$$\frac{2k_P A_P (90 - t_R)}{l_P} = \frac{k_Q A_Q (t_R - 0)}{l_Q}$$

$$2(90 - t_R) = t_R$$

$$(180 - 2t_R) = t_R$$

$$(3t_R) = 180$$

$$t_R = \frac{180}{3}$$

$$t_R = 60^\circ\text{C}$$

(2) Konveksi

Saat kalian merebus air maka akan terjadi aliran (perpindahan) kalor dari air yang panas dibagian bawah dengan air yang dingin dibagian atas wadah, peristiwa perpindahan tersebut adalah konveksi.

Konveksi adalah perpindahan kalor yang disertai oleh perpindahan partikel-partikel zat dan terjadi pada medium gas dan cair. Contoh konveksi dalam kehidupan sehari-hari:

- Sistem ventilasi rumah
- Cerobong asap pabrik
- Angin laut dan angin darat

Laju perpindahan secara konveksi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$H = \frac{Q}{t} = h \cdot A \cdot \Delta T$$

Keterangan:

$H = Q$ = Kelajuan hantaran kalor (banyaknya kalor yang mengalir per satuan

waktu) (J/s)
 $\Delta T = (T_1 - T_2) =$ Perbedaan suhu dua permukaan (K)
 $k =$ Konduktivitas termal daya hantar panas (J/ms K)
 $A =$ Luas permukaan (m^2)
 $h =$ Koefisien konveksi (J/s. K)

(3) Radiasi



Gambar 8. Radiasi

Saat kalian berkumpul di sekitar api unggun, akan dirasakan panas dari api yang menyala, peristiwa ini disebut perpindahan secara radiasi. Radiasi adalah perpindahan kalor yang tidak memerlukan zat perantara. Contoh perpindahan kalor secara radiasi adalah perpindahan kalor dari matahari sampai ke bumi. Sedangkan laju radiasi dari permukaan suatu benda berbanding lurus dengan luas penampang, berbanding lurus dengan pangkat empat suhu mutlaknya dan bergantung sifat permukaan benda tersebut. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$H = Ae\sigma T^4$$

Keterangan:

$H = \frac{Q}{t}$ = Kelajuan hantaran kalor (banyaknya kalor yang mengalir per satuan waktu) (J/s).

σ = Tetapan Stefan ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$).

$A =$ Luas permukaan (m^2).

$T =$ Suhu mutlak brnda.

$e =$ Emisitas bahan.

Lampiran 3.2.2 Lembar Kerja Peserta Didik**LKPD PERTEMUAN 1**

Nama :
No. Absen :
Kelas :

Soal Uji Pemahaman

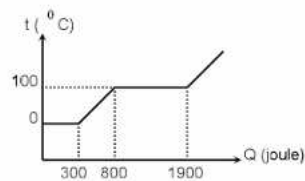
1. Tina sedang melakukan praktikum di laboratorium fisika dengan menggunakan sebuah termometer X buatan sendiri. Dari hasil pengamatan, termometer X menunjukkan -20°C saat es mulai mencair dan menunjukkan 140°C saat air mendidih. Tina mengetahui bahwa kenaikan skala termometer X berbanding lurus (linier) dengan kenaikan suhu. Pada suatu percobaan lain, Tina membandingkan termometer X dengan termometer Fahrenheit. Ketika termometer Fahrenheit menunjukkan suhu 0°F , siswa ingin mengetahui angka yang ditunjukkan oleh termometer X. Tentukan skala yang ditunjukkan oleh termometer X pada kondisi tersebut dan jelaskan langkah penyelesaiannya.
2. Andi mengetahui bahwa sebuah batang baja dengan panjang 1 meter akan bertambah panjang sebesar 1 mm ketika dipanaskan dari suhu 0°C hingga 100°C . Selanjutnya, Andi ingin membandingkan hasil tersebut dengan batang baja lain yang terbuat dari bahan yang sama, tetapi memiliki panjang awal 60 cm. Batang baja kedua ini dipanaskan dari suhu 0°C hingga 120°C . Berapakah pertambahan panjang batang baja kedua tersebut? Nyatakan jawabanmu dalam milimeter (mm) dan jelaskan langkah penyelesaiannya.

LKPD PERTEMUAN 2

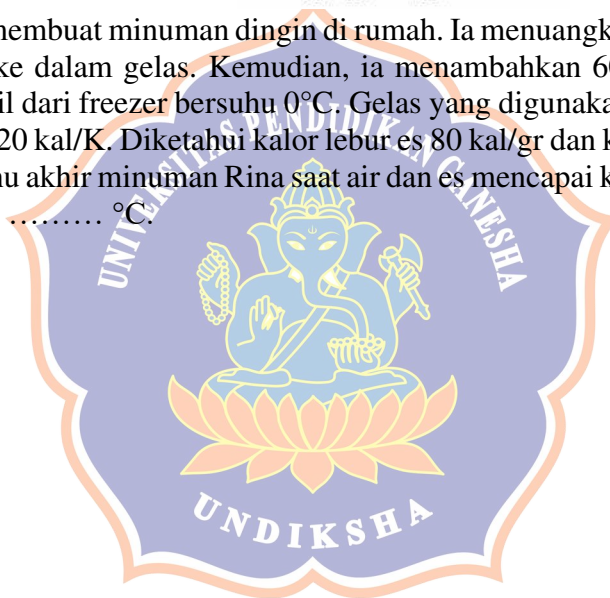
Nama :
 No. Absen :
 Kelas :

Soal Uji Pemahaman

- Sebuah grafik memperlihatkan hubungan antara kenaikan suhu t dan jumlah kalor Q yang diserap oleh suatu zat padat. Diketahui zat padat tersebut memiliki kalor lebur sebesar 80 kal/gr. Tentukan massa zat padat tersebut.



- Rina membuat minuman dingin di rumah. Ia menuangkan 200 cc air bersuhu 40°C ke dalam gelas. Kemudian, ia menambahkan 60 gram es yang baru diambil dari freezer bersuhu 0°C . Gelas yang digunakan memiliki kapasitas panas 20 kal/K. Diketahui kalor lebur es 80 kal/gr dan kalor jenis air 1 kal/gr K. Suhu akhir minuman Rina saat air dan es mencapai kesetimbangan termal adalah $^{\circ}\text{C}$.



LKPD PERTEMUAN 3

Nama :
No. Absen :
Kelas :

Soal Uji Pemahaman

1. Sebuah keluarga memasang jendela kaca sebagai pembatas antara ruang tamu dan teras. Jendela tersebut memiliki ukuran panjang 150 cm, lebar 50 cm, dan tebal 8,6 mm. Suhu di dalam ruangan berbeda 10°C dibandingkan dengan suhu di luar. Jika koefisien hantaran kaca adalah $1,72 \text{ J/m}\cdot\text{det}\cdot^{\circ}\text{C}$, tentukan banyaknya panas yang mengalir melalui kaca setiap detik.
2. Ani ingin membuat teh hangat di rumah. Ia menyiapkan sejumlah air bersuhu 10°C dan memanaskannya menggunakan pemanas listrik dengan spesifikasi 220 volt dan 242 ohm. Jika 80% energi yang dihasilkan pemanas diserap oleh air, dan dalam waktu 7 menit suhu air meningkat menjadi 50°C , tentukan massa air yang dipanaskan Ani.



LAMPIRAN 4

DATA HASIL PENELITIAN



Lampiran 4.1 Hasil *pretest* kelompok eksperimen

Lampiran 4.2 Hasil *pretest* kelompok kontrol

Lampiran 4.3 Hasil *Postest* kelompok eksperimen

Lampiran 4.4 Hasil *Postest* kelompok kontrol



Lampiran 4. 1 Hasil *Pretest* Kelompok Eksperimen

[illegible]

Lampiran 4. 2 Hasil *Pretest* Kelompok Kontrol

No	Responden	Skor Perbutir Soal										Total	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Skor	Nilai
1	Gede Edy Suputra	3	5	5	2	2	2	3	3	4	4	33	22,00
2	Gede Epan Saputra	6	4	2	3	5	2	2	2	1	0	27	18,00
3	Gede Gian Danendra Supartawan	4	2	8	5	4	2	5	6	0	2	38	25,33
4	Gede Radetya Dharma Wibawa	6	5	6	2	5	2	2	2	1	0	31	20,67
5	I Kadek Dharma Jaya Arta	3	4	3	2	5	2	2	2	2	4	29	19,33
6	I Kadek Dwi Rossa Indrawan	4	2	6	5	6	2	4	5	2	0	36	24,00
7	I Made Endra Tangkas Koriawan	7	6	2	2	2	2	2	5	2	2	32	21,33
8	Kadek Biana Shevaly Putri.S	4	5	6	2	5	2	2	2	0	0	28	18,67
9	Kadek Excel Christian Primananta	8	6	4	2	2	4	3	2	4	2	37	24,67
10	Kadek Glessy Valencia Ditha Putri	2	4	2	2	2	2	5	2	2	3	26	17,33
11	Kadek Kyana Putri Sumawan	3	4	3	5	7	1	2	2	3	2	32	21,33
12	Kadek Putriani Dewi	5	6	2	4	2	2	5	2	1	1	30	20,00
13	Kadek Sita Dewi	3	2	2	2	4	6	2	2	2	0	25	16,67
14	Ketut Indra Wisarada	5	2	4	2	7	4	2	2	2	5	35	23,33
15	Komang Ananda Ristya Widarma	4	8	2	2	2	5	2	2	2	1	30	20,00
16	Komang Pany Anggun Pratiwi	4	6	4	2	1	2	2	2	2	0	25	16,67
17	Komang Putra Sedana Artha	5	4	3	6	2	2	2	2	2	0	28	18,67
18	Luh Aiswarya Pradnyaningrum	5	2	1	4	5	2	2	2	2	0	25	16,67
19	Luh Aprilia Suan Dewi	4	2	5	4	3	5	4	2	1	0	30	19,33
20	Luh Mega Shanti Puspa Devi	7	3	2	2	2	2	2	2	2	2	26	20,00
21	Luh Putu Natha Pratiwi	3	5	6	6	2	0	0	2	0	0	24	17,33
22	Made Prabayana	2	2	5	4	2	2	2	4	5	7	35	23,33
23	Ni Kadek Agustina Mahakriandari	5	4	4	3	3	2	6	2	2	2	33	22,00
24	Ni Komang Henny Martini Putri Gandhi	8	8	8	2	2	2	0	1	2	2	35	23,33
25	Ni Luh Dian Pradnya Dewi	2	5	8	6	0	3	3	2	2	2	33	22,00
26	Ni Nyoman Arsi Novianti	2	8	0	2	2	2	2	2	10	0	30	20,00
27	Ni Nyoman Dias Suryaningtyas	10	1	5	6	4	2	2	2	2	1	35	23,33
28	Ni Putu Feby Chandra Arsitha Dewi	7	3	2	2	2	5	5	4	0	0	30	20,00
29	Nur Irkham	8	6	7	2	2	4	0	0	0	4	33	22,00
30	Putu Dewi Sri Wulandari	4	5	7	6	4	4	2	2	0	0	34	22,67
31	Putu Sechya Leonita Agustin	8	2	2	2	1	5	2	3	4	2	31	20,67
32	Putu Verly Damayanti	6	3	2	4	2	2	2	2	2	2	27	18,00
33	Rifky Apriliyano Putra Antika	9	6	2	5	2	2	2	0	0	2	30	20,00

Lampiran 4. 3 Hasil *Posttest* Kelompok Eksperimen

No	Responden	Skor Perbutir Soal										Total	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Skor	Nilai
1	Dewa Ayu Made Nanda Widyasari	14	13	13	12	12	11	10	8	14	13	120	80,00
2	Gede Evan Anantawijaya	15	14	11	8	9	10	10	13	10	13	113	75,33
3	Gede Sri Darma Swari	14	13	12	12	10	13	13	14	12	12	125	83,33
4	Gede Surya Lesstyawan	10	13	13	10	12	13	12	11	13	10	117	78,00
5	I Made Bagus Ning Atmaja	15	13	12	12	10	10	12	10	8	8	110	73,33
6	I Made Dwi Diva Krista Permana	15	14	13	13	13	15	13	12	9	6	123	82,00
7	Kadek Ayu Kartiwi	15	15	12	12	11	10	10	12	12	12	121	80,67
8	Kadek Cintya Sari Wijaningrum	15	14	13	13	11	11	11	8	11	8	115	76,67
9	Kadek Dwi Ari Wahyuni	14	14	12	11	9	11	15	14	14	13	127	84,67
10	Kadek Handara Sakti Harsana	12	13	15	13	11	7	8	6	15	12	112	74,67
11	Kadek Intan Sari	15	15	12	13	13	13	13	10	7	8	119	79,33
12	Kadek Winda Wahyuni	15	15	15	13	11	11	12	12	13	13	130	86,67
13	Ketut Inda Murni Sari	8	8	12	15	12	14	15	11	5	8	108	72,00
14	Ketut Rizky Budi Wardana	15	8	7	15	10	13	15	13	15	13	124	82,67
15	Komang Ayuningsih	15	12	13	12	12	11	14	8	11	8	116	77,33
16	Komang Gita Prajnyani	15	13	13	13	10	13	12	10	15	8	122	81,33
17	Komang Kanaya Indah Permata Sari	12	13	13	13	13	13	10	11	8	8	114	76,00
18	Komang Krisna Putra Adinata	14	13	13	13	13	14	13	10	13	10	126	84,00
19	Komang Restu Aditya	15	12	12	11	12	12	12	12	10	10	118	78,67
20	Komang Sri Mulya Indah Pratiwie	15	13	13	15	13	14	15	13	15	7	133	88,67
21	Luh Budiarini	15	10	11	10	10	10	12	10	15	8	111	74,00
22	Luh Putu Kirayani Dewi	14	13	13	12	13	13	11	13	15	11	128	85,33
23	Made Dharma Sukma Aditya	15	12	12	14	13	14	10	11	10	9	120	80,00
24	Martin Elnino Nazario Gambino	12	13	14	12	12	12	13	12	15	8	123	82,00
25	Ni Kadek Santhi Artini	13	13	11	15	12	9	10	10	15	13	121	80,67
26	Ni Made Candra Cahyani	15	15	14	13	11	11	10	8	10	8	115	76,67
27	Pande Nyoman Khrisna Chandrayana Mudara	13	12	13	15	12	12	15	8	15	12	127	84,67
28	Putu Ayu Indharini	12	12	13	10	12	12	15	11	8	8	113	75,33
29	Putu Carissa Fryda Maharani	15	13	13	13	13	13	12	13	13	13	131	87,33
30	Putu Junita Kurnia Damayanti	15	12	12	15	12	10	15	8	15	8	122	81,33
31	Putu Yudina Anastasia Dani Sridewi	14	14	12	13	13	13	12	12	5	11	119	79,33
32	Riko Marcellino Ametro	15	10	11	10	13	13	10	10	10	10	112	74,67

Lampiran 4. 4 Hasil *Posttest* Kelompok Kontrol

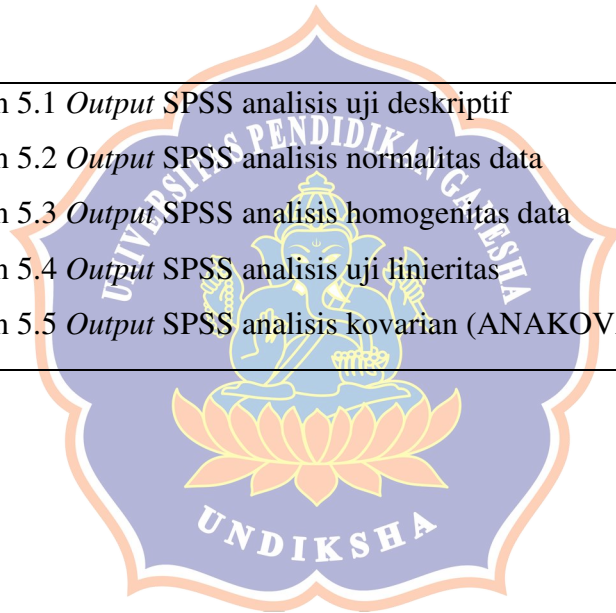
No	Responden	Skor Perbutir Soal										Total	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Skor	Nilai
1	Gede Edy Suputra	6	9	7	9	10	11	12	10	14	10	98	65,33
2	Gede Epan Saputra	14	12	8	9	11	6	7	11	6	8	92	61,33
3	Gede Gian Danendra Supartawan	13	10	10	8	8	9	9	14	12	11	104	69,33
4	Gede Radetya Dharma Wibawa	10	12	13	12	9	8	10	11	3	8	96	64,00
5	I Kadek Dharma Jaya Arta	15	10	10	11	9	8	6	8	5	8	90	60,00
6	I Kadek Dwi Rossa Indrawan	12	11	11	9	9	9	12	9	8	12	102	68,00
7	I Made Endra Tangkas Koriawan	14	15	13	13	9	9	10	6	3	8	100	66,67
8	Kadek Biana Shevaly Putri.S	11	12	9	10	6	12	13	6	7	8	94	62,67
9	Kadek Excel Christian Primananta	15	8	7	8	11	11	12	11	12	10	105	70,00
10	Kadek Glessy Valencia Ditha Putri	13	10	10	9	7	13	7	8	3	8	88	58,67
11	Kadek Kyana Putri Sumawan	12	10	10	10	10	9	9	11	9	7	97	64,67
12	Kadek Putriani Dewi	15	15	10	13	9	7	12	8	9	8	106	70,67
13	Kadek Sita Dewi	12	13	11	8	8	7	8	8	3	8	86	57,33
14	Ketut Indra Wisarada	14	12	9	10	10	9	11	12	6	6	99	66,00
15	Komang Ananda Ristya Widarma	11	10	12	12	13	6	10	11	5	5	95	63,33
16	Komang Pany Anggun Pratiwi	15	12	12	6	10	10	10	10	8	8	101	67,33
17	Komang Putra Sedana Artha	14	8	11	11	11	9	8	8	5	8	93	62,00
18	Luh Aiswarya Pradnyaningrum	15	14	8	12	13	12	8	9	6	5	102	68,00
19	Luh Aprilia Suan Dewi	8	10	13	12	8	8	8	8	10	10	95	63,33
20	Luh Mega Shanti Puspa Devi	12	12	13	11	12	12	12	10	5	9	108	72,00
21	Luh Putu Natha Pratiwi	11	12	12	8	8	8	10	8	6	8	91	60,67
22	Made Prabayana	12	12	12	12	11	9	10	12	6	8	104	69,33
23	Ni Kadek Mahakriandari Agustina	13	11	10	12	13	8	10	7	5	8	97	64,67
24	Ni Komang Henny Martini Putri Gandhi	7	4	13	10	12	10	13	11	8	12	100	66,67
25	Ni Luh Dian Pradnya Dewi	15	15	8	9	10	9	13	5	7	7	98	65,33
26	Ni Nyoman Arsi Novianti	13	13	12	13	13	8	4	6	4	8	94	62,67
27	Ni Nyoman Dias Suryaningtyas	15	15	14	10	10	8	8	8	7	8	103	68,67
28	Ni Putu Feby Chandra Arsitha Dewi	12	12	7	9	10	10	10	9	5	8	92	61,33
29	Nur Irkham	15	14	10	10	12	10	13	7	5	9	105	70,00
30	Putu Dewi Sri Wulandari	7	8	7	8	10	12	11	11	12	15	101	67,33
31	Putu Sechya Leonita Agustin	8	8	9	9	9	9	9	13	11	13	98	65,33
32	Putu Verly Damayanti	12	12	12	9	8	8	8	8	5	8	90	60,00
33	Rifky Apriliyano Putra Antika	13	9	9	11	13	12	13	12	4	8	104	69,33

LAMPIRAN 5

ANALISIS STATISTIK



Lampiran 5.1 *Output* SPSS analisis uji deskriptif
Lampiran 5.2 *Output* SPSS analisis normalitas data
Lampiran 5.3 *Output* SPSS analisis homogenitas data
Lampiran 5.4 *Output* SPSS analisis uji linieritas
Lampiran 5.5 *Output* SPSS analisis kovarian (ANAKOVA satu jalur)



Lampiran 5. 1 Output SPSS Analisis Uji Deskriptif

Case Processing Summary							
	MODEL PEMBELAJARAN	Cases					
		Valid		Missing		Total	
		N	Percent	N	Percent	N	Percent
PRETEST	Self Organized Learning Environment (SOLE)	32	100,0%	0	0,0%	32	100,0%
	Direct Intraction	33	100,0%	0	0,0%	33	100,0%
POSTTEST	Self Organized Learning Environment (SOLE)	32	100,0%	0	0,0%	32	100,0%
	Direct Intraction	33	100,0%	0	0,0%	33	100,0%

Descriptives					
	MODEL PEMBELAJARAN			Statistic	Std. Error
PRETEST	Self Organized Learning Environment (SOLE)	Mean		34,84	1,000
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	32,80	
			Upper Bound	36,88	
		5% Trimmed Mean		34,85	
		Median		34,00	
		Variance		32,007	
		Std. Deviation		5,657	
		Minimum		20	
		Maximum		47	
		Range		27	
		Interquartile Range		7	
		Skewness		0,167	0,414
		Kurtosis		0,726	0,809
		Direct Intraction	Mean		30,85
	95% Confidence Interval for Mean		Lower Bound	29,56	
			Upper Bound	32,14	
	5% Trimmed Mean		30,80		
	Median		30,00		
	Variance		13,195		
	Std. Deviation		3,633		
	Minimum		25		
	Maximum		38		
	Range		13		
	Interquartile Range		6		
	Skewness		0,063	0,409	
	Kurtosis		-0,848	0,798	

POSTTEST	Self Organized Learning Environment (SOLE)	Mean		104,84	1,155
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	102,49	
			Upper Bound	107,20	
		5% Trimmed Mean		104,77	
		Median		105,00	
		Variance		42,717	
		Std. Deviation		6,536	
		Minimum		93	
		Maximum		118	
		Range		25	
		Interquartile Range		11	
		Skewness		0,134	0,414
		Kurtosis		-0,778	0,809
	Direct Intraction	Mean		87,82	0,986
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	85,81	
			Upper Bound	89,83	
		5% Trimmed Mean		87,91	
		Median		88,00	
		Variance		32,091	
		Std. Deviation		5,665	
		Minimum		76	
		Maximum		98	
		Range		22	
		Interquartile Range		9	
		Skewness		-0,204	0,409
		Kurtosis		-0,801	0,798

Lampiran 5. 2 Output SPSS Analisis Normalitas Data

Tests of Normality							
	MODEL	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	PEMBELAJARAN	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
PRETEST	Self Organized Learning Environment (SOLE)	0,138	32	0,128	0,949	32	0,139
	Direct Intraction	0,107	33	0,200*	0,965	33	0,357
POSTTEST	Self Organized Learning Environment (SOLE)	0,083	32	0,200*	0,980	32	0,805
	Direct Intraction	0,076	33	0,200*	0,977	33	0,697

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Lampiran 5. 3 Output SPSS Analisis Homogenitas Data

Test of Homogeneity of Variance					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
PRETEST	Based on Mean	3,118	1	63	0,082
	Based on Median	2,659	1	63	0,108
	Based on Median and with adjusted df	2,659	1	50,410	0,109
	Based on trimmed mean	3,125	1	63	0,082
POSTTEST	Based on Mean	0,648	1	63	0,424
	Based on Median	0,651	1	63	0,423
	Based on Median and with adjusted df	0,651	1	61,479	0,423
	Based on trimmed mean	0,671	1	63	0,416

Lampiran 5. 4 Output SPSS Analisis Uji Linieritas

Case Processing Summary						
	Cases					
	Included		Excluded		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
POSTTEST * PRETEST	65	100,0%	0	0,0%	65	100,0%

Report			
POSTTEST			
PRETEST	Mean	N	Std. Deviation
20	95,00	1	.
25	86,33	3	8,963
26	79,50	2	2,121
27	81,00	2	1,414
28	83,50	2	0,707
29	89,50	4	8,347
30	93,40	10	7,720
31	91,00	3	7,000
32	96,33	6	6,346
33	95,00	7	7,394
34	101,33	3	9,074
35	97,29	7	7,432
36	103,25	4	7,544
37	95,00	1	.
38	105,00	3	9,644
39	111,00	1	.
41	116,00	1	.
42	113,00	1	.
43	110,00	1	.

45	115,00	2	4,243
47	115,00	1	.
Total	96,20	65	10,503

ANOVA Table							
			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
POSTTEST * PRETEST	Between Groups	(Combined)	4649,155	20	232,458	4,242	0,001
		Linearity	3765,185	1	3765,185	68,706	0,001
		Deviation from Linearity	883,970	19	46,525	0,849	0,641
	Within Groups		2411,245	44	54,801		
	Total		7060.400	64			

Measures of Association				
	R	R Squared	Eta	Eta Squared
POSTTEST * PRETEST	0,730	0,533	0,811	0,658

Lampiran 5. 5 Output SPSS Analisis Kovarian (ANAKOVA Satu Jalur)

Between-Subjects Factors			
		Value Label	N
MODEL PEMBELAJARAN	1	Self Organized Learning Environment (SOLE)	32
	2	Direct Intraction	33

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: POSTTEST					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6105,490 ^a	2	3052,745	198,207	0,001
Intercept	5214,242	1	5214,242	338,548	0,001
PRETEST	1396,217	1	1396,217	90,653	0,001
MODEL_PEMBELAJARAN	2340,305	1	2340,305	151,950	0,001
Error	954,910	62	15,402		
Total	608599,000	65			
Corrected Total	7060,400	64			

a. R Squared = ,865 (Adjusted R Squared = ,860)

Lampiran 5. 6 Analisis LSD

Estimates			
Dependent Variable: POSTTEST			
MODEL	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval

PEMBELAJARAN			Lower Bound	Upper Bound
Self Organized Learning Environment (SOLE)	102,829 ^a	0,725	101,379	104,278
Direct Intraction	89,772 ^a	0,713	88,346	91,198
a. Covariates appearing in the model are evaluated at the following values: PRETEST = 32,82.				

Pairwise Comparisons						
Dependent Variable: POSTTEST						
(I)MODEL PEMBELAJARAN	(J)MODEL PEMBELAJARAN	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
Self Organized Learning Environment (SOLE)	Direct Intraction	13,056*	1,059	0,001	10,939	15,173
Direct Intraction	Self Organized Learning Environment (SOLE)	-13,056*	1,059	0,001	-15,173	-10,939
Based on estimated marginal means						
*. The mean difference is significant at the 0,05 level.						
b. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.						

Univariate Tests					
Dependent Variable: POSTTEST					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	2340,305	1	2340,305	151,950	0,001
sError	954,910	62	15,402		
The F tests the effect of MODEL PEMBELAJARAN. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.					

Berdasarkan *output* di atas, menunjukkan signifikansi nilai rata-rata kemampuan pemecahan masalah siswa antara kelompok eksperimen dengan kelompok kontrol yang telah di analisis dengan metode LSD (*Least Significant Difference*). Jumlah sampel pada kelompok eksperimen $n = 32$ dan jumlah sampel pada kelompok kontrol $n = 33$ sehingga jumlah total sampel $N = 65$. Adapun jumlah kelompok perlakuan yang digunakan $\alpha = 2$ dan taraf signifikansi yang digunakan $\alpha = 0,05$. Oleh karena itu diperoleh nilai *statistic* $t_{tabel} = t_{(0,025;63)} = 1,998$. Berdasarkan analisis kovarian (ANAKOVA) satu jalur diperoleh nilai $MSE = 15,402$, maka besar penolakan LSD sebagai berikut.

$$LSD = t_{\frac{\alpha}{2}, N-\alpha} \sqrt{MSE \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}$$

$$LSD = t_{0,025;63} \sqrt{15,402 \left(\frac{1}{32} + \frac{1}{33} \right)}$$

$$LSD = (1,998) \sqrt{15,402(0,061)}$$

$$LSD = (1,998) \sqrt{0,939}$$

$$LSD = (1,998)(0,969)$$

$$LSD = 1,936$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai LSD sebesar 1,936 dan nilai $\Delta\mu^* = 13,056$ dengan standar deviasi 1,059 dan signifikansi 0,001. Sehingga dapat dibuktikan bahwa terdapat perbedaan kemampuan pemecahan masalah antara siswa yang belajar menggunakan model *SOLE* berbantuan *PhET Simulation* dengan siswa yang belajar menggunakan model *DI*.

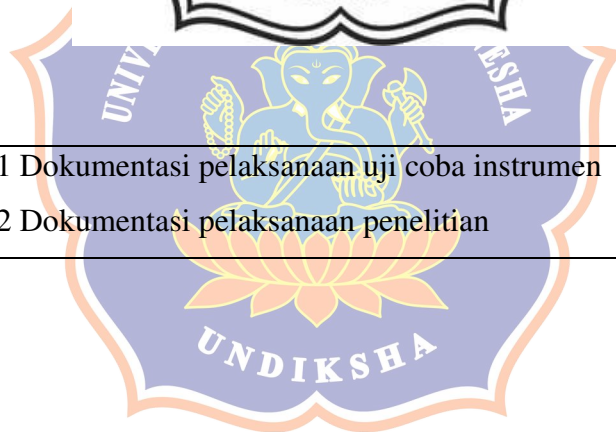


LAMPIRAN 6

DOKUMENTASI PENELITIAN



Lampiran 6.1 Dokumentasi pelaksanaan uji coba instrumen Lampiran 6.2 Dokumentasi pelaksanaan penelitian



Lampiran 6. 1 Dokumentasi Pelaksanaan Uji Coba Instrumen



Lampiran 6. 2 Dokumentasi Kegiatan Penelitian



Pretest Kelompok Eksperimen



Pretest Kelompok kontrol



Proses Pembelajaran Kelompok Eksperimen



Proses Pembelajaran Kelompok Kontrol



Pelaksanaan *Posttest* Kelompok Eksperimen



Pelaksanaan *Posttest* Kelompok Kontrol

LAMPIRAN 7

ADMINISTRASI PENELITIAN



Lampiran 7.1 Surat keterangan telah melaksanakan uji coba instrumen dan surat keterangan penelitian



Lampiran 7. 1 Surat Keterangan telah Melaksanakan Uji Coba Instrumen dan Surat Keterangan Penelitian



GOV. BALI
 PEMERINTAH PROVINSI BALI
 DINAS PENDIDIKAN KEPEMUDAAN DAN OLAH RAGA
 SMA NEGERI 3 SINGARAJA
 Jalan Pulau Natuna Penarikan Singaraja, Buleleng, Bali, 81119 Telpun (0362) 22186
 WA 08179010175, www.sman3sgr.sch.id – email : info@sman3sgr.sch.id dan sman3sgr@gmail.com



SURAT KETERANGAN

Nomor : B.10.400.3.8/326/SMAN 3 SINGARAJA/DIKPORA

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	: Dr. I Putu Eka Wilantara, M. Pd
NIP	: 19740718 199903 1 005
Jabatan	: Kepala SMA Negeri 3 Singaraja

Menerangkan dengan sebenarnya bahwa :

Nama	: Natasya Cornelia Br Ginting
NIM	: 2213021020
Tempat/Tanggal Lahir	: Kabanjabe, 27 April 2003
Program Studi	: Pendidikan Fisika
Instansi	: Universitas Pendidikan Ganesha
Judul Penelitian	: Pengaruh Model <i>Self Organized Learning Environment</i> (SOLE) Berbantuan <i>Phet Simulation</i> Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa Sma Pada Mata Pelajaran Fisika.

Mernang benar telah melaksanakan Kegiatan Uji Coba Instrumen Penelitian, pada tanggal 23 dan 24 Februari 2026 serta telah melaksanakan kegiatan Penelitian Pengambilan Data, pada tanggal 10 Maret s/d 21 April 2026 di SMA Negeri 3 Singaraja.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di : Bali

Pada tanggal : 23 April 2026



Ditandatangani secara elektronik oleh :
 Kepala SMA Negeri 3 Singaraja
Dr. I Putu Eka Wilantara, M.Pd
 NIP. 19740718 199903 1 005





Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik (TTE).
 Scan QR Code untuk informasi TTE.
 Upload file pada <https://be.kemdik.go.id/verifyPDF> untuk cek keaslian file.



RIWAYAT HIDUP



Natasya Cornelia Br Ginting lahir di Kabanjahe pada tanggal 27 April 2003. Penulis merupakan anak ketiga dari pasangan suami istri Tonel Ginting dan Rukun Br Purba. Penulis berkebangsaan Indonesia dan beragama Kristen. Saat ini penulis tinggal di Jalan Bisma Gang Mutiara 5 No 2 banjar tegal, bali. Penulis memulai pendidikan usia dini di TK Muliarayat dan lulus TK pada tahun 2010. Penulis melanjutkan pendidikan dasar di SD 040531 Dokan dan lulus pada tahun 2016. Penulis menempuh sekolah menengah pertama di SMP Negeri 1 Kabanjahe dan lulus pada tahun 2019. Tahun 2022 penulis lulus sekolah menengah atas dari SMA Swasta Katolik Kabanjahe dan kemudian melanjutkan pendidikan Strata 1 Pendidikan Fisika di Universitas Pendidikan Ganesha. Pada semester akhir tahun 2026 penulis telah menyelesaikan skripsi yang berjudul “ Pengaruh Model *Self Organized Learning Environment* berbantuan *PhET Simulation* terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Fisika Siswa SMA” . selanjutnya, mulai tahun 2026 hingga penulisan skripsi ini, penulis masih terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika di Universitas Pendidikan Ganesha.

